



TESIS - RC142501

STUDI POTENSI BOEZEM WONOREJO SEBAGAI SUMBER PENYEDIA AIR BAKU KOTA SURABAYA

AFRIKHATUL MAULIDIYAH

NRP. 3114205003

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T, M.Sc.

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER AIR

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017



THESIS - RC142501

THE STUDY OF BOEZEM WONOREJO POTENTIAL AS SURABAYA RAW WATER SOURCE PROVIDER

AFRIKHATUL MAULIDIYAH

NRP. 3114205003

SUPERVISOR

Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T, M.Sc.

MAGISTER PROGRAME

WATER RESOURCE AND MANAGEMENT

CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
Afrikhatul Maulidiyah
NRP. 3114205003


Tanggal Ujian: 11 Januari 2017
Periode Wisuda: Maret 2017

Disetujui oleh:



Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T, M.Sc
NIP.197212021998021001

(Pembimbing)



Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc
NIP.1954011319800101001

(Penguji)



Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA
NIP.195203111980031003

(Penguji)

an. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Ir. Widjati, M.Eng.
NIP.196110211986031001

Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D
NIP.196404051990021001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini dengan lancar.

Sholawat salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah menjadi lentera kehidupan hingga akhir zaman, Amin.

Dalam penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terimakasih kepada:

1. Romo Kyai Sholeh Bahrudin, selaku Kyai serta guru selama belajar di pesantren.
2. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, selaku dosen wali Manajemen rekayasa sumber air.
3. Dr. tech. Umboro Lasminto, selaku dosen pembimbing penelitian.
4. Beasiswa Unggulan - Kementrian Luar Negri (BU-KLN), selaku pemberi beasiswa selama menempuh studi S2 di ITS.
5. Ayah M. Suud dan Ibu Fauziyah Laily, selaku orang tua yang selalu memberikan doa yang tulus kepada penulis.
6. Cahya Bagus Sanjaya, suamiku tercinta yang telah memberikan banyak waktu, tenaga, dan cinta.
7. Yuvika Ishvara Sanjaya, putriku tersayang yang selalu menjadi hiburan disetiap waktu penulis.
8. Teman-teman MRSA yang selalu memberi dukungan selama proses belajar.
9. Dan kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Akhirnya, hanya kepada Allah penulis serahkan segalanya semoga dapat bermanfaat khususnya bagi penulis, dan umumnya bagi kita semua. Amin

STUDI POTENSI BOEZEM WONOREJO SEBAGAI SUMBER PENYEDIA AIR BAKU KOTA SURABAYA

Nama mahasiswa : Afrikhatul Maulidiyah
NRP : 3114205003
Pembimbing : Dr. Tech. Umboro Lasminto, S.T, M.Sc.

ABSTRAK

Pada dasarnya kebutuhan air akan terus bertambah mengingat pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat, sehingga perlu dilakukan upaya-upaya agar kebutuhan air dapat terpenuhi dengan maksimal. Kota Surabaya merupakan salah satu wilayah berpenduduk padat di Indonesia yang masih membutuhkan pasokan air baku untuk memenuhi kebutuhan penduduk wilayah Surabaya. Hal tersebut didukung oleh situs PDAM (www.pdam-sby.go.id) yang menyatakan bahwa 8.91% wilayah Surabaya belum terpenuhi kebutuhan airnya.

Di Kota Surabaya terdapat sebuah waduk yang dikenal dengan Boezem Wonorejo. Pada dasarnya Boezem Wonorejo ini dibangun dengan tujuan sebagai tampungan drainase dan pengendali banjir. Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, perlu adanya suatu analisis mengenai berapa besar potensi yang dimiliki Boezem Wonorejo sebagai penampung air untuk memenuhi kebutuhan air baku di Surabaya khususnya di kelurahan Wonorejo.

Penelitian ini mensimulasikan hujan-limpasan yang terjadi pada *Catchment* Wonorejo dengan menggunakan model FJ. Mock dan *software Storm Water Management Model* (SWMM) sehingga diketahui berapa debit yang tersedia pada *Catchment* dan berapa besar potensi Boezem Wonorejo dalam menampung debit tersebut.

Hasil analisa dalam penelitian ini adalah bahwa Boezem Wonorejo memiliki volume tampungan aktif sebesar 160000 m³, dapat memenuhi kebutuhan air baku saat ini (2016) sebesar 0.051 m³/dtk, 2 tahun mendatang (2018) sebesar 0.056 m³/dtk, 5 tahun mendatang (2021) sebesar 0.064 m³/dtk, dan 10 tahun mendatang (2026) sebesar 0.080 m³/dtk. Volume Boezem Wonorejo eksisting tidak mampu menampung debit yang mengalir dari DAS Wonorejo secara maksimal, sehingga untuk menampung potensi air perlu dilakukan penambahan volume Boezem sebesar 53536.12 m³ untuk kebutuhan 80 ltr/dtk, 81056 m³ untuk kebutuhan 90 ltr/dtk, dan 99200 m³ untuk kebutuhan 100 ltr/dtk.

Kata kunci: Ketersediaan air, Kebutuhan air, Potensi Boezem Wonorejo

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

THE STUDY OF BOEZEM WONOREJO POTENTIAL AS SURABAYA RAW WATER SOURCE PROVIDER

By : Afrikhatul Maulidiyah
Student Identity Number : 3114205003
Supervisor : Dr. Tech. Umboro Lasminto, S.T, M.Sc.

ABSTRACT

Water demand will continue to grow given the increasing population growth, especially in densely populated areas. Therefore, efforts are necessary to be performed that the water needs can be fulfilled to the maximum level. Surabaya is one of the densely populated areas in Indonesia that is still in need of raw water supply to meet the needs of its residents. This is supported by the data provided on the site Local Water Supply Utility (PDAM) of Surabaya Year stating that 8.91% of Surabaya citizens do not meet water needs.

In the eastern city of Surabaya in the village of Wonorejo, Rungkut district, there is a reservoir known as Boezem Wonorejo and The current (2016) potential of Boezem with active volume of 160000 m³. Therefore, to utilize Boezem Wonoorejo in fulfilling the raw water of Surabaya, the potential availability of water in the Wonorejo Catchment and Boezem Wonorejo needs to be analyzed. Their potential as a water reservoir drainage and raw water provider in the area of Surabaya also needs to be developed.

In overcoming the problem of water needs, analyzing the existing availability of water in the *Catchment* of Wonorejo was carried out by using simulating using Model of FJ. Mock and Storm Water Management Model (SWMM) software. From the result, the potential reservoir is used as water storage container.

The potential of water owned by Wonorejo Catchment for the fulfillment of the raw water using discharge mainstay method of the Year 2004-2014 was at the rate of 0.214 m³/sec in January, 0.809 m³/sec in February, 2.086 m³/sec in March, 1.548 m³/sec in April, 0.581 m³/s in May, 0.294 m³/sec in June, 0.140 m³/s in July, 0.068 m³/s in August, 0.035 m³/s in September, 0.016 m³/s in October, 0.008 m³/sec in November and 1.087 m³/sec in December. The potential existing volume of Boezem Wonorejo that cannot accommodate the large discharge of the Catchment optimally can be developed by volume expansion of the Boezem with the target of fulfilling the needs of raw water in the next 10 years by 80 liters / sec, 90 liters/ sec, and 100 liters / sec, the storage volume of Boezem is 53536.12 m³, 81056 m³ and 99200 m³ in order.

Keywords: water demand, water supply, Boezem Wonorejo potential

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I	13
PENDAHULUAN	13
1.1. Latar Belakang	13
1.2. Perumusan Masalah	14
1.3. Tujuan Penelitian	15
1.4. Manfaat Penelitian	15
1.5. Batasan Masalah	15
BAB II	17
KAJIAN PUSTAKA dan DASAR TEORI	17
2.1 Penelitian dan Studi Terdahulu	17
2.2 Latar Belakang Teori	17
2.2.1 Profil Boezem Wonorejo	17
2.2.2 Sumber Penyedia Air Baku Kota Surabaya	19
2.2.3 Analisa Hidrologi	19
2.2.4 Kebutuhan Air	24
2.2.5 Ketersediaan Air	25
2.2.6 Proyeksi Kebutuhan Air	27
2.2.7 Model Simulasi Hujan-Limpasan Metode FJ. Mock	28
2.2.8 Water Balance	33
2.2.9 Kapasitas Tampung	33
2.2.10 Storm Water Management Model (SWMM)	34
BAB III	37
METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1. Tahapan Penelitian	37

3.1.1	Tahap Persiapan.....	37
3.1.2	Tahap Pengolahan Data Sekunder.....	37
3.1.3	Tahap Pemodelan	37
3.1.4	Tahap Analisa	38
3.1.5	Tahap Kesimpulan dan Saran	38
3.2.	Diagram Alir	39
BAB VI.....		41
PEMBAHASAN.....		41
4.1	Pengumpulan Data Sekuder.....	41
4.2	Analisis Hidrologi.....	41
4.3	Analisis Ketersediaan Air Menggunakan Metode FJ. Mock	43
4.4	Analisa Ketersediaan Air Menggunakan Simulasi hidrologi EPA SWMM 5.0	45
4.5	Perbandingan Simulasi FJ. Mock dengan Software SWMM	52
4.6	Perhitungan Debit Andalan.....	54
4.7	Perhitungan kebutuhan air Kota Surabaya.....	55
4.8	Perhitungan Water Balance	58
4.9	Potensi Boezem Wonorejo.....	59
BAB V		65
KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Catchment</i> Kali Wonorejo (SDMP, 2002)	18
Gambar 2.2 Lokasi Boezem Wonorejo (www.gmap.com).....	19
Gambar 2.3 Siklus Hidrologi	20
Gambar 2.4 Salah Satu Contoh Pendekatan Umum Analisis Kebutuhan Air (Kodoatie dan Syarief, 2005)	25
Gambar 2.5 Bagan Alir Model <i>rainfall-runoff</i> Metode FJ. Mock (Bappenas, 2006 dalam Mulya, 2013)	29
Gambar 2.6 Bagan alir perhitungan Debit dalam Metode FJ. Mock (Bappenas, 2006 dalam Mulya, 2013)	30
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 4.1 <i>Polygon Thiessen</i> pada <i>Catchment</i> Wonorejo.....	42
Gambar 4.2 Skema aliran sungai di <i>Catchment</i> Wonorejo	49
Gambar 4.3 Proses <i>running</i> simulasi di <i>Catchment</i> Wonorejo	51
Gambar 4.4 Grafik output hasil <i>runoff</i> pada software SWMM	52
Gambar 4.5 Perbandingan Model FJ. Mock dengan simulasi SWMM	53
Gambar 4.6 Skema aliran pada Boezem Wonorejo	59
Gambar 4.8 Hubungan <i>Inflow</i> , Q Air baku, <i>Outflow</i> outlet, dan <i>Storage</i> dengan kebutuhan air 0.08 m ³ /dtk atau 80 lt/dtk	61
Gambar 4.9 Hubungan <i>Inflow</i> , Q Air baku, <i>Outflow</i> outlet, dan <i>Storage</i> dengan kebutuhan air 0.09 m ³ /dtk atau 90 lt/dtk	62
Gambar 4.10 Hubungan <i>Inflow</i> , Q Air baku, <i>Outflow</i> outlet, dan <i>Storage</i> dengan kebutuhan air 0.1 m ³ /dtk atau 100 lt/dtk	63

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Kebutuhan Air Rumah Tangga Berdasarkan Jenis Kota dan Jumlah Penduduk	24
Tabel 4.1 Luas sub area yang mewakili masing-masing stasiun hujan.....	42
Tabel 4.2 Hujan rata-rata bulanan <i>Catchment</i> Wonorejo.....	43
Tabel 4.3 Evapotranspirasi Bulanan pada <i>Catchment</i> Wonorejo.....	44
Tabel 4.4 Data Debit Kali Wonorejo	44
Tabel 4.5 Rekapitulasi data parameter SWMM.....	45
Tabel 4.5 Rekapitulasi data parameter SWMM (lanjutan)	46
Tabel 4.6 Total hujan maksimum tiap bulan Tahun 2004-2014	46
Tabel 4.7 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Gunung Sari.....	47
Tabel 4.8 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Wonokromo	47
Tabel 4.9 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Kebon Agung.....	48
Tabel 4.10 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Wonorejo	48
Tabel 4.11 Data hujan harian rata-rata Tahun 2014.....	49
Tabel 4.12 Data input untuk <i>Junction</i> (J) dan <i>Conduit</i> (C).....	50
Tabel 4.13 Hasil akhir output <i>running</i> simulasi <i>Catchment</i> Wonorejo	51
Tabel 4.14 Perbandingan nilai debit tahun 2014 menggunakan simulasi FJ. Mock dan <i>software</i> SWMM.....	53
Tabel 4.15 Debit Andalan Metode Ranging Q_{90}	54
Tabel 4.16 Debit Andalan Metode Statistik Q_{90}	55
Tabel 4.17 Perbandingan Debit Andalan Metode Ranging dan Metode Statistik	55
Tabel 4.18 Jumlah penduduk Kota Surabaya Tahun 2000-2005	56
Tabel 4.19 Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Wonorejo Tahun 2012-2026 .	57
Tabel 4.20 Proyeksi Kebutuhan Air Penduduk di Kelurahan Wonorejo Tahun 2012-2026	57
Tabel 4.21 Kebutuhan air pada 2, 5, dan 10 Tahun mendatang pada Kelurahan Wonorejo.....	58
Tabel 4.22 Tabel <i>Water Balance</i> pada <i>Catchment</i> Wonorejo untuk saat ini, 2, 5 dan 10 Tahun mendatang	58
Tabel 4.23 Perhitungan <i>Routing</i> Boezem Wonorejo dengan Q air baku 0.080 m ³ /dtk atau 80 ltr/detik	60

Tabel 4.24 Perhitungan <i>Routing</i> Boezem Wonorejo dengan Q air baku 0.090 m ³ /dtk atau 90 ltr/detik	61
Tabel 4.25 Perhitungan <i>Routing</i> Boezem Wonorejo dengan <i>outflow</i> 0.1 m ³ /dtk atau 100 ltr/detik	63
Tabel 4.26 Kebutuhan tampungan disesuaikan dengan target pemenuhan air 80 lt/dtk, 90 lt/dtk, 100 lt/dtk	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia yang beriklim tropis dan memiliki dua musim dalam satu Tahun, beberapa Tahun terakhir ini aktif mengalami bencana yang sama pada beberapa daerah, yaitu bencana kekeringan dan bencana banjir. Hal tersebut tentunya memberikan dampak buruk pada seluruh lapisan masyarakat, diantaranya kekurangan air ketika musim kemarau dan kelebihan air ketika musim penghujan, sehingga ketersediaan dan kebutuhan air menjadi tidak seimbang. Permasalahan kurangnya ketersediaan air disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah musim kemarau panjang, kurangnya daya resap air tanah, penggundulan hutan, dan lain-lain. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah pengelolaan DAS yang kurang optimal. Air hujan yang jatuh pada DAS selain berinfiltrasi tetapi juga mengalir sebagai *runoff* dan menuju sungai untuk dialirkan ke laut. Namun prosentase air yang terinfiltrasi tampaknya semakin sedikit meninjau dari banyaknya fenomena terjadinya banjir di beberapa daerah di wilayah Indonesia.

Pada dasarnya kebutuhan air akan terus bertambah mengingat pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat khususnya pada wilayah berpenduduk padat, sehingga perlu dilakukan upaya-upaya agar kebutuhan air dapat terpenuhi dengan maksimal. Kota Surabaya merupakan salah satu wilayah berpenduduk padat di Indonesia yang masih membutuhkan pasokan air baku untuk memenuhi kebutuhan penduduk wilayah Surabaya. Hal tersebut didukung oleh data yang terdapat pada situs PDAM Surabaya Tahun 2015 (www.pdam-sby.go.id) bahwa menurut Ashari Mardiono selaku Direktur Utama Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya mengatakan bahwa cakupan layanan akses air bersih sudah dipenuhi oleh PDAM sebanyak 91,79% untuk wilayah Kota Surabaya, dan masih terisisa 130.000 sambungan rumah di Surabaya yang belum terpenuhi kebutuhannya. Artinya masih terdapat 8,21% wilayah Surabaya yang belum mendapatkan ai baku. Hal ini menunjukkan bahwa pasokan air untuk Kota Surabaya masih kurang daripada yang dibutuhkan.

Upaya-upaya dalam penanggulangan krisis air baku salah satunya adalah dengan cara menampung air hujan dengan membendungnya agar tidak begitu saja terbuang ke laut. Di Kota Surabaya bagian timur tepatnya di desa Wonorejo kecamatan Rungkut terdapat sebuah waduk yang dikenal dengan Boezem Wonorejo. Boezem Wonorejo yang terletak di sebelah selatan Kali Jagir dan sebelah utara Kali Wonorejo ini memiliki luas 8 ha dengan kedalaman rata-rata 3m. saat ini Boezem Wonorejo difungsikan sebagai tampungan air hujan, dan pengendali banjir. Namun kembali pada kondisi Kota Surabaya yang masih kekurangan air baku, nampaknya Boezem Wonorejo masih tidak difungsikan secara optimal.

Penanggulangan permasalahan kebutuhan air tersebut dapat dianalisa dengan cara menganalisa ketersediaan air yang ada pada *Catchment* Wonorejo dengan mensimulasikannya menggunakan Model FJ. Mock dan menggunakan *software Storm Water Management Model* (SWMM), kemudian memanfaatkan potensi tampungan yang tersedia sebagai wadah penyimpan air.

Penelitian ini menggunakan Model FJ. Mock dengan pertimbangan bahwa model ini merupakan model yang paling sering digunakan untuk sungai-sungai yang ada di Indonesia (Bappenas, 2006 dalam Mulya, 2013), dan menggunakan *software* SWMM dengan pertimbangan bahwa SWMM akan memberikan hasil simulasi yang akurat dengan memodelkan kondisi yang terjadi di lapangan, dengan memasukkan parameter-parameter yang tercatat pada kondisi sesungguhnya. Menurut Huber dan Dickinson (1988) dalam Andiek (2008) *Storm Water Management Model* (SWMM) merupakan model yang mampu untuk menganalisa permasalahan kuantitas dan kualitas air yang berkaitan dengan limpasan daerah perKotaan. SWMM tergolong model hujan aliran dinamis yang digunakan untuk simulasi dengan rentang waktu yang menerus atau kejadian banjir sesaat. Sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk mengatasi permasalahan kebutuhan air di Surabaya.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Berapakah potensi ketersediaan air pada *Catchment* dan Boezem Wonorejo?
2. Bagaimana cara mengembangkan potensi Boezem Wonorejo sebagai tampungan air drainase dan penyedia air baku di wilayah Surabaya?

1.3. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui berapakah potensi ketersediaan air pada *Catchment* dan Boezem Wonorejo.
2. Mengetahui bagaimanakah cara memanfaatkan potensi Boezem Wonorejo sebagai tampungan air drainase dan penyedia air baku di wilayah Surabaya.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan dihasilkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi instansi pemerintah akan mendapat masukan positif dalam penyediaan pasokan air baku di Kota Surabaya dengan mengetahui potensi yang dimiliki oleh Boezem Wonorejo.
2. Bagi masyarakat umum akan mendapatkan pasokan air baku terutama bagi yang belum terpenuhi kebutuhannya.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Daerah studi dibatasi pada *Catchment* Wonorejo Surabaya.
2. Penelitian ini tidak meneliti perhitungan estimasi biaya pekerjaan di lapangan.
3. Penelitian ini tidak meneliti jaringan distribusi air baku pada wilayah yang belum menerima pasokan air baku.
4. Penelitian ini mengasumsikan air yang mengalir melalui *Catchment* tidak tercampur air limbah domestik.
5. Penelitian ini mengasumsikan tidak ada pompa yang terpasang sepanjang *Catchment* Wonorejo.
6. Penelitian ini tidak meneliti tentang kualitas air.
7. Penelitian ini tidak meneliti tentang pengaruh pasang surut air laut.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

KAJIAN PUSTAKA dan DASAR TEORI

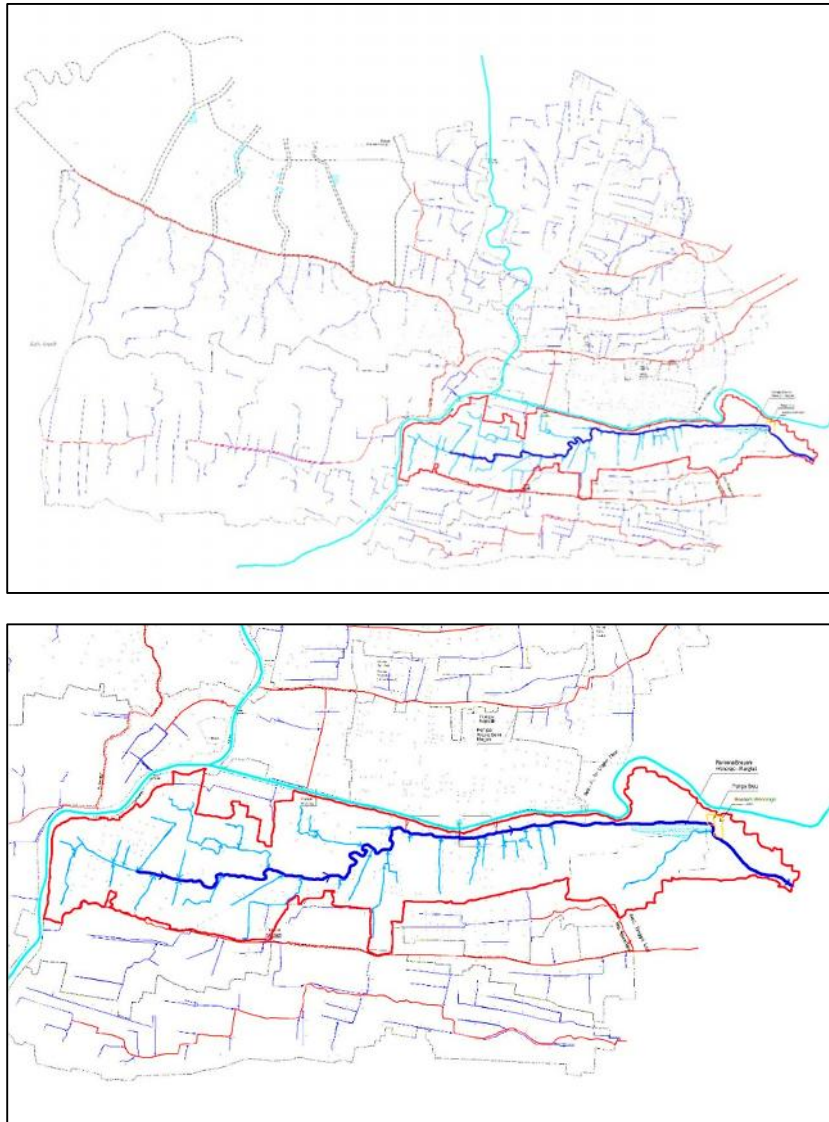
2.1 Penelitian dan Studi Terdahulu

Berdasarkan studi terdahulu penggunaan *software Storm water management model* (SWMM) telah diaplikasikan pada kondisi sungai di Indonesia. Andiek (2008) meneliti pemodelan hujan-debit sungai Deluwang menggunakan aplikasi SWMM dengan judul penelitian “Aplikasi *Storm Water Mangement Model* (SWMM) Untuk Daerah Aliran Sungai Deluwang Situbondo Jawa Timur”. Penelitian tersebut menggunakan data hujan harian Tahun 2001 yang ditransformasikan menjadi debit harian dengan memasukkan beberapa parameter seperti luasan sub DAS, infiltrasi, evaporasi, nilai manning dan kemiringan lahan.

2.2 Latar Belakang Teori

2.2.1 Profil Boezem Wonorejo

Boezem Wonorejo merupakan waduk kecil seluas 8 ha dan memiliki kedalaman rata-rata 3 m yang terletak di Desa Wonorejo Kecamatan Rungkut Surabaya. Posisi Boezem Wonorejo berbatasan dengan Kali Jagir di sebelah utara Boezem dan sebelah selatan Boezem merupakan Kali Wonorejo. Aliran air yang masuk ke dalam Boezem saat ini adalah air yang berasal dari Kali Wonorejo. Saat ini Boezem Wonorejo berfungsi sebagai pengendali banjir dan penampung air hujan baik yang jatuh secara langsung maupun air yang berasal dari Kali Wonorejo, yang selanjutnya air tampungan tersebut akan dibuang ke Sungai Jagir dengan menggunakan pompa untuk dialirkan ke laut. Lokasi Boezem yang berjarak kurang lebih 2,5 km ke arah muara tidak lepas dari fenomena pasang surut air laut, sehingga selain berfungsi sebagai penampung air hujan, Boezem Wonorejo juga menjadi parkir air di saat air laut pasang.



Gambar 2.1 *Cathcment* Kali Wonorejo (SDMP, 2002)





Gambar 2.2 Lokasi Boezem Wonorejo (www.gmap.com)

2.2.2 Sumber Penyedia Air Baku Kota Surabaya

Supply air baku untuk kebutuhan domestik dan industri di Kota Surabaya diperoleh dari dalam dan luar Kota. Supply air dalam Kota berasal dari Kali Surabaya yang merupakan anak Sungai dari Sungai Brantas. Sedangkan air dari luar Kota berasal dari umbulan, tamanan, pelintihan dengan kapasitas total aliran 300 l/dt. Surabaya sendiri memiliki kurang lebih 35 sungai yang mengalir dengan tiga sungai besar, yaitu Kali Mas, Kali Jagir, dan Kali Surabaya. Sungai utama yang berada di Kota Surabaya berasal dari Kali Brantas yang mengalir melalui Kota Mojokerto. Di Kota Surabaya Kali Brantas terbagi menjadi dua, yaitu Kali Porong dan Kali Surabaya. Di Wonokromo Kali Surabaya terpecah menjadi dua anak Sungai, yaitu Kali Mas dan Kali Jagir. Kali Mas mengalir ke arah pantai utara sedangkan Kali Jagir mengalir ke arah pantai timur dan bermuara ke Selat Madura.

Perencanaan untuk tambahan penyediaan air baku Kota Surabaya selanjutnya direncanakan dengan mengambil air dari Kali Wonorejo kemudian menampungnya di Boezem Wonorejo. Dengan memanfaatkan potensi Boezem Wonorejo diharapkan dapat menyumbang kebutuhan air baku di Kota Surabaya.

2.2.3 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan hujan (*Catchment area*) yang dapat

berpengaruh terhadap besarnya debit. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam analisa hidrologi antara lain:

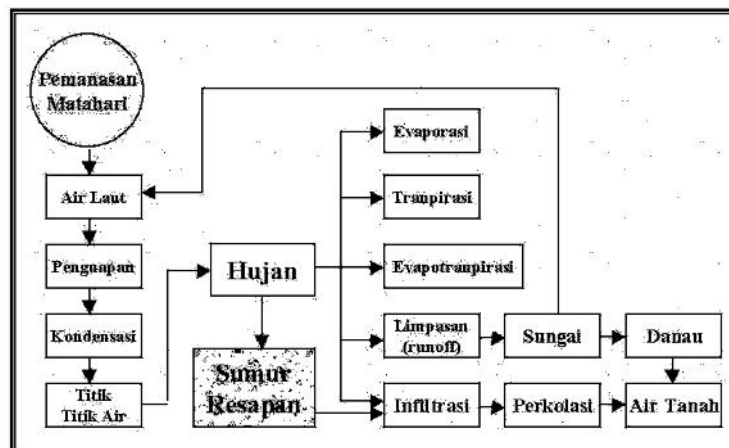
1. Siklus hidrologi

Siklus hidrologi merupakan sirkulasi air yang terjadi secara terus menerus yang melibatkan proses presipitasi, infiltrasi, evapotranspirasi, kondensasi, dll.

Hadisusanto (2010) menjelaskan bahwa siklus hidrologi merupakan proses transportasi air secara kontinyu dari laut ke atmosfer dan dari atmosfer ke permukaan tanah yang akhirnya kembali ke laut.

Menurut Sari dkk (2007) konsep siklus hidrologi adalah bahwa jumlah air di suatu luasan tertentu di hamparan bumi dipengaruhi oleh masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang terjadi.

Konsep siklus hidrologi yang kompleks dan memiliki ruang lingkup yang luas dapat dimodelkan dan ditunjukkan oleh gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Siklus Hidrologi

2. Pengolahan data hujan

Dalam perhitungan hidrologi daerah aliran sungai diperlukan pengolahan data hujan berupa perhitungan hujan rata-rata, hal ini dikarenakan distribusi hujan dianggap merata pada suatu daerah aliran sungai. Beberapa metode yang digunakan dalam perhitungan hujan rata-rata daerah aliran sungai antara lain:

1. Metode Arithmatik, metode ini digunakan untuk daerah datar dan penyebaran stasiun hujannya merata.

Rumus:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.1)$$

Dengan:

P = hujan rata-rata (mm)

P₁, P₂... P_n = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

2. Metode Polygon Thiessen, metode ini digunakan untuk daerah yang stasiun hujannya tidak merata.

Rumus:

$$P = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2 + P_3 \cdot A_3 + \dots + P_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

Dengan:

P = hujan rata-rata (mm)

P₁, P₂... P_n = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

A₁, A₂, A_n = luas sub-area antara dua garis kontur (km²)

3. Metode Isohiet, metode ini biasanya digunakan untuk daerah pegunungan.

Rumus:

$$P = \frac{\left(\frac{X_1 + X_2}{2}\right) \times A_1 + \left(\frac{X_2 + X_3}{2}\right) \times A_2 + \left(\frac{X_3 + X_4}{2}\right) \times A_3 + \left(\frac{X_{n1} + X_{n2}}{2}\right) \times A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.3)$$

Dengan:

P = hujan rata-rata (mm)

X₁, X₂, X_n = jumlah hujan berdasarkan garis kontur (mm)

A₁, A₂, A_n = luas sub-area antara dua garis kontur (km²)

3. Perhitungan debit

Dalam perencanaan hidrologi khususnya dalam kaitannya dengan usaha pemanfaatan air diperlukan suatu data debit. Debit sungai adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang lintang pada suatu titik tertentu per satuan waktu dan dinyatakan dalam m³/detik. (Achmad, 2011)

Menurut Asdak (1995) dalam Achmad (2011) pengertian debit adalah laju aliran air dalam bentuk volume air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Rumus umum yang digunakan adalah:

$$Q = v \times A \quad (2.4)$$

Dengan:

Q = debit aliran sungai ($m^3/detik$)

A = luas penampang basah (m^2)

v = kecepatan ($m/detik$)

Ketersediaan data debit sangat diperlukan untuk keperluan perencanaan pengembangan air irigasi, air baku, PLTA, dll. Sari dkk (2007) mengemukakan bahwa untuk mengetahui suatu debit atau ketersediaan air di sungai diperlukan data yang cukup panjang dan handal, sehingga informasi keragaman debit terhadap waktu kejadian debit rendah dan tinggi dapat tercakup dan mewakili kejadian-kejadian tersebut sehingga dapat diketahui gambaran umum secara kuantitatif besaran jumlah air pada sungai.

Pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung (*direct*) atau tidak langsung (*indirect*). Pengukuran debit dilakukan secara langsung apabila kecepatan alirannya diukur secara langsung dengan menggunakan alat ukur kecepatan aliran, misalnya pelampung (*floating method*), alat ukur arus (*current meter*), dan menggunakan zat warna (*dillution method*).

Pengukuran debit dilakukan secara tidak langsung apabila kecepatan alirannya tidak diukur secara langsung, akan tetapi dihitung berdasarkan rumus hidraulis debit dengan rumus Manning, Chezy, serta Darcy Weisbach. (Sarwono, 1991 dalam Achmad, 2011)

Pada kenyatannya untuk mendapatkan data debit aliran sungai jangka panjang pada suatu daerah aliran sungai datanya sering tidak lengkap ataupun tidak ada kegiatan pencatatan debit sebelumnya, sehingga hal ini menjadi kendala dalam perencanaan pemanfaatan air. Apabila pada titik yang ditinjau tidak tersedia data debit jangka panjang, maka untuk mendapatkan data seri debit tersebut dapat dilakukan dengan cara mentransformasikan data hujan menjadi data debit atau dikenal sebagai model simulasi hujan-aliran, misalnya model Dr. FJ Mock, model NRECA (*Natural Rural Electrical Cooperation Agency*), dan model Tanki (*Tank model*). (Hadisusanto, 2010)

4. Debit andalan

Air permukaan merupakan air yang memiliki ketersediaan paling besar untuk dimanfaatkan dikarenakan akses penggunaannya yang relatif mudah. Selain itu analisis ketersediannya dapat diketahui dengan mudah melalui data rekaman debit alirannya. Untuk aliran sungai yang memiliki data pengukuran, ketersediaan airnya dapat ditentukan peluang terjadinya atau terlampauinya yang dapat dihitung dengan metode statistika atau metode rangking dan dinyatakan dengan debit andalan.

Perhitungan debit andalan dengan metode rangking dilakukan dengan data pencatat debit seri jangka panjang, selanjutnya data tersebut disusun atau dirangking mulai dari urutan data debit yang terkecil ke urutan terbesar. Setelah data diurutkan kemudian ditetapkan prosentase debit andalan yang ditetapkan.

Seperti contoh:

Keperluan air baku untuk air minum biasanya ditetapkan debit tersedia 99%, maka rumusnya:

$$M = 0.01 \times N \quad (2.5)$$

Dimana:

M = rangking debit andalan yang diharapkan

N = jumlah Tahun data pengamatan debit

Sedangkan, perhitungan debit andalan dengan metode statistik dilakukan apabila tersedia data pencatat debit seri jangka panjang. Langkah-langkah perhitungan metode rangking dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Ditabelkan data debit rata-rata bulanan

2. Dihitung nilai X rata-rata $\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$ (2.6)

3. Dihitung nilai standar deviasi $S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$ (2.7)

4. Dihitung nilai koefisien variasi $Cs = \frac{S}{\bar{X}}$ (2.8)

5. Debit andalan yang diharapkan dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.9)$$

Nilai k ditetapkan berdasarkan tabel hubungan antara koefisien varian dengan reduksi k. (Hadisusanto, 2010)

2.2.4 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk penggelontoran Kota. (Kodoatie dan Sjarief, 2005)

Kebutuhan air domestik maksudnya adalah kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga, sehingga kebutuhan air domestik sangat dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan konsumsi perkapita. Hal ini juga mengacu pada daerah populasi yang diamati, dimana daerah perkotaan, semi perkotaan, dan pedesaan memiliki karakteristik kebutuhan air yang berbeda. Standar kebutuhan air rumah tangga berdasarkan jenis Kota dan jumlah penduduk dapat ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut:

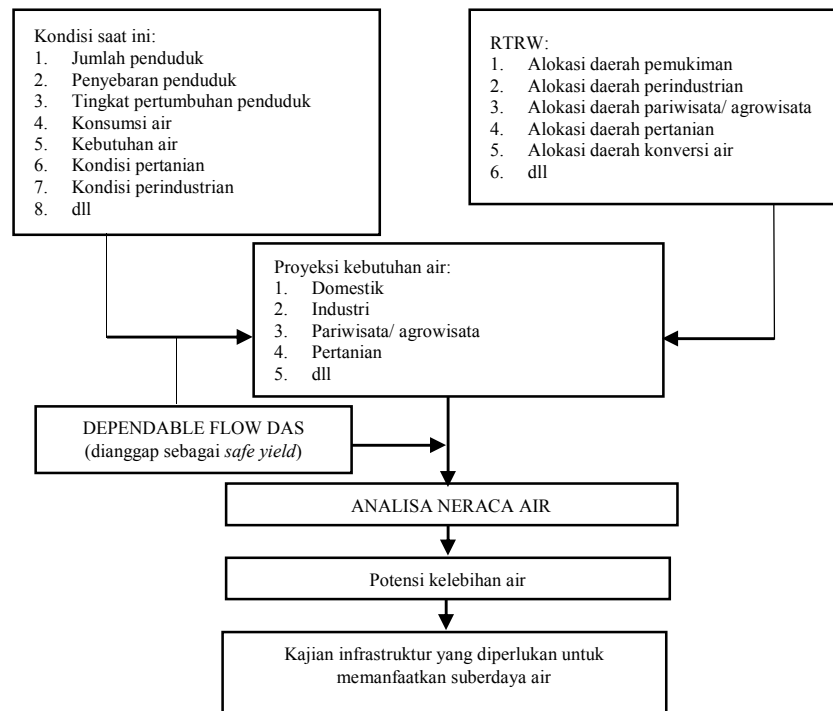
Tabel 2.1 Standar Kebutuhan Air Rumah Tangga Berdasarkan Jenis Kota dan Jumlah Penduduk

Jumlah Penduduk	Jenis Kota	Jumlah Kebutuhan Air (liter/org/hr)
>2.000.000	Metropolitan	>210
1.000.000-2.000.000	Metropolitan	150-210
500.000-1.000.000	Besar	120-150
100.000-500.00	Besar	100-120
20.000-100.000	Sedang	90-100
3.000-20.000	Kecil	60-100

Sumber: Anonim dalam Sari dkk (2007)

Kebutuhan air non domestik merupakan kebutuhan air yang penggunaannya untuk hal yang bersifat komersial, seperti kebutuhan institusi dan kebutuhan industri. Kebutuhan air non domestik akan berbanding lurus dengan jumlah penduduk dan perubahan tata guna lahan.

Kodoatie dan Syarif (2005) juga mencontohkan salah satu pendekatan umum dalam analisis kebutuhan air yang ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Salah Satu Contoh Pendekatan Umum Analisis Kebutuhan Air
(Kodoatie dan Syarief, 2005)

2.2.5 Ketersediaan Air

Salah satu aspek yang harus diketahui sebelum mengadakan analisis neraca air pada suatu daerah adalah dengan mengetahui jumlah ketersediaan air. Ketersediaan air dalam pengertian sumberdaya air pada dasarnya berasal dari air hujan (atmosferik), air permukaan dan air tanah (Mulya, 2013), yang tak lain adalah dari suatu rangkaian proses hidrologi.

Ketersedian air dapat diuraikan seperti berikut ini:

1. Hujan, merupakan salah satu contoh dari presipitasi selain salju dan embun. Menurut Hadisusanto (2010) hujan merupakan titik-titik air yang jatuh dari awan melalui lapisan atmosfer ke permukaan bumi secara proses alam. Jumlah air hujan yang turun dapat dihitung dengan cara pengukuran hujan dengan menggunakan alat ukur hujan manual maupun otomatis. Dari hasil pengukuran hujan nantinya dapat digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya untuk perhitungan jumlah persediaan air daerah aliran sungai, penentuan besarnya intensitas hujan, perhitungan neraca air, dll.

2. Air Tanah, merupakan air hujan yang masuk kedalam tanah dan meresap ke lapisan yang berada di bawahnya. Banyaknya air yang tertampung dibawah permukaan tergantung pada kesarangan lapisan bawah tanah. (Wilson, 1993). Air tanah dapat terkumpul karena adanya proses infiltrasi. Infiltrasi merupakan gerakan vertikal air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Peristiwa infiltrasi selain sebagai pemasukan air tanah namun juga sangat berguna untuk mengurangi banjir dan erosi, mengisi aliran sungai pada waktu musim kemarau, dan menyediakan air tanah untuk pertumbuhan tanaman.

Perhitungan infiltrasi pada umumnya banyak yang menggunakan perhitungan model Horton dan model Philip. Horton (1940) dalam Hadisusanto (2010) mendiskripsikan infiltrasi tanah dengan pendekatan empiris yang merupakan fungsi dari waktu. Menggunakan rumus:

$$F_t = f_c + (f_o - f_c) e^{-Kt} \quad (2.10)$$

Dimana:

F_t = laju infiltrasi atau kapasitas infiltrasi pada waktu t

f_c = laju infiltrasi konstan

f_o = laju infiltrasi awal

e = 2.71828

K = konduktivitas hidraulik jenuh tanah

t = waktu (detik)

Sedangkan perhitungan infiltrasi model Philip menggunakan rumus:

$$I = S t^{1/2} + At \quad (2.11)$$

Dimana:

S = soptivitas (m/detik)

t = waktu (detik)

A = konstanta

Menurut Andiek (2008), nilai infiltrasi dapat dianalisa menggunakan pendekatan metode *water budget* untuk kondisi lahan yang jenis tanah dan penutupan lahannya bervariasi. Analisa menggunakan metode *water budget* dilakukan dengan menganalisa besar intensitas hujan yang turun pada lokasi studi yang kemudian direduksi dengan evapotranspirasi sehingga akan didapatkan besarnya debit akibat hujan tersebut. Nilai infiltrasinya adalah selisih antara debit total

dengan debit netto pada lokasi studi. Sehingga besarnya debit dapat dihitung dengan rumus:

$$S = I + P + C - Et - DP - R \quad (2.12)$$

Dimana:

S = Storage (besarnya debit)

I = Irrigation (irigasi)

P = Presipitation (Intensitas hujan)

C = Capillary rise (kapilaritas)

DP = Perkolasi

R = Runoff (limpasan permukaan)

3. Air permukaan, merupakan air yang mengalir di atas permukaan tanah berupa sungai, waduk, embung, dll. Menurut Suripin (2002) dalam Sari dkk (2007) air permukaan adalah air yang mengalir secara berkesinambungan atau dengan terputus-putus dalam alur sungai atau saluran dari sumbernya yang kesemuanya itu merupakan bagian dari sistem sungai yang menyeluruh. Air permukaan meliputi air sungai (*river*), saluran (*stream*), sumber (*springs*), danau dan waduk.

2.2.6 Proyeksi Kebutuhan Air

Penentuan proyeksi jumlah kebutuhan air pada tahun mendatang tentunya sangat dipengaruhi oleh proyeksi jumlah penduduk pemakai air. Terdapat beberapa metode dalam perhitungan proyeksi jumlah penduduk, yaitu:

1. Metode arithmatik

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o) \quad (2.13)$$

$$K_a = \frac{P_a - P_1}{T_2 - T_1} \quad (2.13)$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar

T_n = tahun ke n

T_o = tahun dasar

K_a = konstanta arithmatik

P₁ = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I

P2 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

T1 = tahun ke I yang diketahui

T2 = tahun ke II yang diketahui

2. Metode geometrik

$$P_n = P (1 + r)^n \quad (2.14)$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n

P₀ = jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

n = jumlah interval

Hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk kemudian dijadikan acuan untuk perhitungan proyeksi kebutuhan air dengan mengalikan jumlah penduduk tahun ke-n dengan kebutuhan konsumsi air per orang yaitu 250 liter/hari.

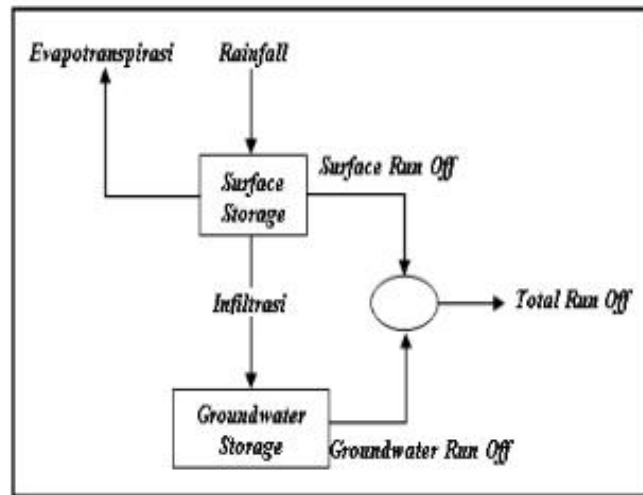
2.2.7 Model Simulasi Hujan-Limpasan Metode FJ. Mock

Model simulasi hujan-limpasan merupakan model yang bertujuan untuk mensimulasi data hujan menjadi data debit sungai. Menurut Julia (2014), pengalihragaman hujan menjadi limpasan (*rainfall-runoff*) pada suatu daerah tangkapan air sering diterangkan dengan cara pemodelan. Pemodelan adalah suatu cara atau penyederhanaan untuk menerangkan proses rumit alami ke dalam gambar atau bahasa matematika agar mudah dipahami berdasarkan kaidah-kaidah yang berlaku.

Metode FJ. Mock merupakan simulasi yang dalam pengembangan modelnya digunakan untuk aplikasi pengembangan sumberdaya air seperti pertanian dan penyediaan air baku. Metode ini digunakan untuk memperkirakan besarnya debit suatu daerah aliran sungai (Mulya, 2013).

FJ. Mock (1973) mengusulkan suatu model simulasi keseimbangan air bulanan untuk daerah pengaliran di Indonesia, cara ini dikenal dengan nama simulasi debit Mock. Model ini merupakan model yang paling sering digunakan untuk sungai-sungai yang ada di Indonesia (Bappenas, 2006 dalam Mulya, 2013).

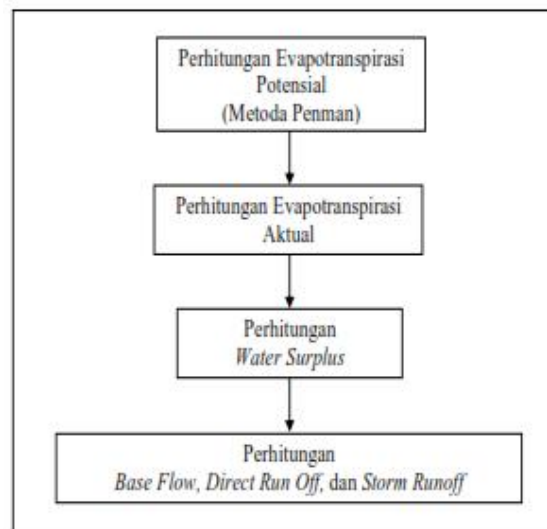
Bagan alir model *rainfall-runoff* Metode FJ. Mock dapat ditunjukkan pada gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5 Bagan Alir Model *rainfall-runoff* Metode FJ. Mock (Bappenas, 2006 dalam Mulya, 2013)

Gambar 2.5 memiliki penjelasan bahwa surface storage atau tampungan atas permukaan berasal dari rainfall (hujan). hujan yang jatuh di atas permukaan tanah akan melalui beberapa proses sebelum menjadi total run off (total air permukaan). Mula-mula rainfall akan menjadi surface storage yang kemudian menjadi surface run off (aliran permukaan), selain itu juga melakukan proses infiltrasi (meresap ke dalam tanah) dan evapotranspirasi (penguapan). Hasil dari proses infiltrasi adalah terbentuklah groundwater storage (tampungan air bawah tanah). Sedangkan hasil dari proses evapotranspirasi adalah terbentuklah titik-titik uap di dalam awan yang nantinya akan menjadi hujan. Surface run off dan groundwater run off yang terkumpul merupakan total run off.

Untuk proses perhitungan yang akan dilakukan pada Metode FJ. Mock dijelaskan dalam gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6 Bagan alir perhitungan Debit dalam Metode FJ. Mock (Bappenas, 2006 dalam Mulya, 2013)

Penjelasan dari gambar 2.6 adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi, yaitu peristiwa kehilangan air dari tanaman dan permukaan tanah sebagai tempat tumbuh tanaman.

Evapotranspirasi potensial oleh Penman telah diartikan sebagai suatu proses evapotranspirasi yang terjadi pada tanaman yang berwarna hijau, memiliki ketinggian pendek dan seragam serta menutup permukaan tanah secara sempurna dan tidak pernah mengalami kekurangan air selama pertumbuhannya. (Hadisusanto, 2010)

Metode FJ. Mock menggunakan rumus empiris dari Penman untuk menghitung evapotranspirasi potensial. Rumus perhitungan evapotranspirasi potensial Metode Penman adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{AH + 0,27D}{A + 0,27} \quad (2.15)$$

Dengan:

H = *energy budget*

$$= R(1-r)(0,18 + 0,55 S) - B(0,56 - 0,092\sqrt{ed})(0,10 + 0,9 S)$$

D = panas yang diperlukan untuk evapotranspirasi
 $= 0,35 (ea - ed) (k + 0,01w)$

Dimana:

A = *slope vapour pressure curve* pada temperatur rata-rata (mm mmHg/°F)

B = radiasi benda hitam pada temperatur rata-rata (H₂O/hari)

ea = tekanan uap air jenuh pada temperatur rata-rata (mmHg)

R = radiasi matahari (mmHg)

r = koefisien refleksi, diambil 0,1.

S = rata-rata persentasi penyinaran matahari bulanan (%)

ed = tekanan uap air sebenarnya (mmHg)
 $= ea \times h$

h = kelembaban relatif rata-rata bulanan (%)

k = koefisien kekasaran permukaan evaporasi, diambil 1,0.

w = kecepatan angin rata-rata bulanan (km/jam)

2. Perhitungan Evapotranspirasi Aktual

Evapotranspirasi aktual adalah evapotranspirasi yang terjadi pada tanaman yang tumbuh di atas tanah tertentu dan pada waktu tertentu pula. Hal ini tergantung pada kondisi lingkungan yang terjadi pada saat itu. Perhitungan evapotranspirasi aktual menggunakan rumus berikut:

$$E \text{ aktual} = E_p - \Delta E \quad (2.16)$$

3. Perhitungan *water surplus*

Water surplus adalah air hujan yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (*soil storage/ SS*), atau dengan kata lain *water surplus* merupakan air limpasan ditambah dengan air yang mengalami infiltrasi. Persamaan *water surplus* (WS) adalah sebagai berikut:

$$WS = (P - Ea) + SS \quad (2.17)$$

Dalam Metode FJ. Mock, tampungan kelembaban tanah dihitung sebagai berikut:

$$SMS = ISMS + (P - Ea) \quad (2.18)$$

Dimana:

ISMS = *initial soil moisture storage* (tampungan kelembaban tanah awal), merupakan *soil moisture capacity* (SMC) bulan sebelumnya.

Ada dua keadaan untuk menentukan SMC, yaitu:

1. $SMC = 200 \text{ mm/bulan}$, jika $P - Ea \geq 0$
2. $SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (P - Ea)$, jika $P - Ea < 0$

4. Perhitungan *Base flow*, *Direct Runoff*, *Storm Runoff*

Menurut FJ. Mock besarnya infiltrasi adalah *water surplus* (WS) dikalikan dengan koefisien infiltrasi (if), atau:

$$\text{Infiltrasi (I)} = WS \times if \quad (2.19)$$

Zona tampungan air tanah (*groundwater storage* / GS) dirumuskan sebagai berikut:

$$GS = (0,5 \times (1 + K) \times xi) + (K \times GS_{\text{om}}) \quad (2.20)$$

Perubahan *groundwater storage* (ΔGS) adalah selisih antara *groundwater storage* bulan yang ditinjau dengan *groundwater storage* bulan sebelumnya.

Perhitungan *Base flow* dihitung dalam bentuk persamaan:

$$BF = I - \Delta GS \quad (2.21)$$

Direct runoff dihitung dengan persamaan:

$$DRO = WS - I \quad (2.22)$$

Setelah *base flow* dan *direct runoff*, komponen pembentuk debit yang lain adalah *storm runoff*. FJ. Mock menetapkan bahwa:

1. Jika presipitasi (P) > *maximum soil moisture capacity* maka nilai *storm runoff* = 0
2. Jika $P < \text{maximum soil moisture capacity}$ maka *storm runoff* adalah jumlah curah hujan dalam satu bulan yang bersangkutan dikali *percentage factor*, atau:

$$SRO = P \times PF \quad (2.23)$$

Total runoff (TRO) merupakan komponen-komponen pembentuk debit sungai (*stream flow*) adalah jumlah antara *base flow*, *direct runoff*, dan *storm runoff*, atau:

$$TRO = BF + DRO + SRO \quad (2.24)$$

Jika TRO dikalikan dengan luas *Catchment area* (km²) dengan suatu angka konversi tertentu maka akan didapatkan besaran debit dalam m³/detik.

2.2.8 Water Balance

Dalam siklus hidrologi penjelasan mengenai hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) di suatu daerah untuk suatu periode tertentu disebut neraca air (*water balance*). Neraca air pada dasarnya berfungsi untuk menghitung jumlah kuantitas sumberdaya air yang terbatas pada satu daerah aliran sungai (DAS), dimana dalam penyajian data kuantitas air informasinya diwujudkan dalam bentuk peta potensi air, lokasi sumber air, data pengukuran debit rata-rata setiap sumber air, dan peta isohyet.

Bentuk umum persamaan neraca air (*water balance*) di Boezem (*storage*) adalah sebagai berikut:

$$S_o + I_j + P_j + E_j - O \geq S_{\max} \quad (2.25)$$

Maka $S_j = S_{\max}$

$$S_o + I_j + P_j + E_j - O \leq S_{\max} \quad (2.26)$$

Maka $S_j = S_{\min}$

Dimana:

P_j = presipitasi (mm)

S_o = storage awal (m^3)

S_{\max} = storage maksimum (m^3)

S_{\min} = storage minimum (m^3)

E_j = evaporasi (mm)

E_p = evaporasi pan (mm).

A_j = luas permukaan tampungan (m^3)

2.2.9 Kapasitas Tampungan

Penentuan kapasitas tampungan didasarkan atas tampungan terbesar yang terjadi setiap hari. Tampungan (*storage*) merupakan selisih antara *inflow* dan *outflow*. Dalam menentukan kapasitas tampungan yang dapat mengatasi debit maksimum, maka perlu menganalisa tampungan yang terjadi setiap jam dengan menggunakan metode penelusuran banjir melalui tampungan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Soemarto (1987) dalam Putri (2014)):

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \left(S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t \right) = \left(S_2 + \frac{Q_2}{2} \Delta t \right) \quad (2.27)$$

Dimana:

S_1, S_2 = volume tampungan (*storage*) pada Boezem (m^3)

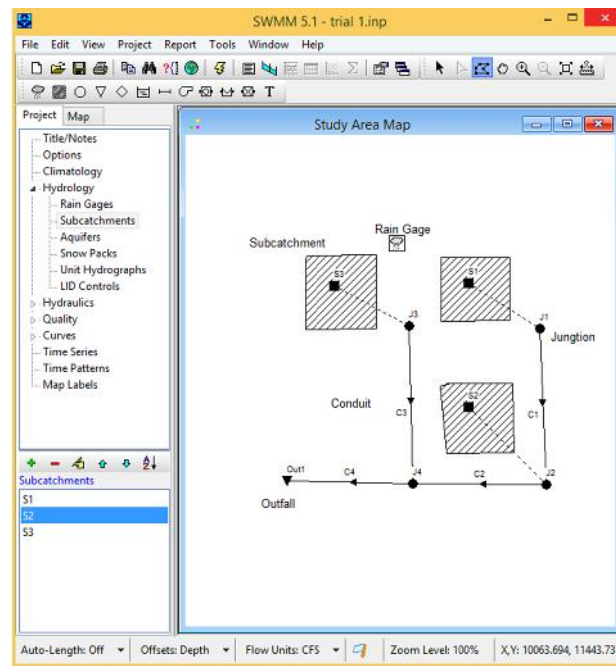
I_1, I_2 = debit yang masuk (*inflow*) ke Boezem (m^3/det)

Q_1, Q_2 = debit yang keluar (*outflow*) dari pintu Boezem (m^3/det)

Δt = periode penelusuran, 1 jam (detik)

2.2.10 Storm Water Management Model (SWMM)

Storm Water Management Model (SWMM) merupakan *software* yang didesain untuk membuat simulasi hujan limpasan dinamis yang mampu untuk mensimulasikan pengaruh hujan-*runoff* dari suatu wilayah pada sistem drainase baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Komponen limpasan yang digunakan adalah limpasan yang jatuh pada *subCatchment area*. (Manual EPA SWMM).



Gambar 2.7 Gambar tampilan muka aplikasi *Storm Water Management Model* (SWMM)

Menurut Andiek (2008) SWMM memberikan konsep bahwa sistem drainase adalah sebuah rangkaian dari siklus air dan pengalirannya yang terdiri dari beberapa unsur lingkungan utama, yaitu:

1. Atmosfir

SWMM menggunakan *rain gage* untuk mewakili input curah hujan kedalam sistem. Objek *rain gage* pada SWMM menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subCatchment area* pada wilayah studi.

2. Permukaan tanah

Permukaan tanah merupakan *subCatchment area* yang menerima air hujan dan kemudian mengalirkan sebagian air hujan menjadi air tanah, dan sebagian lagi menjadi air permukaan yang juga mengangkat polutan.

3. Air tanah

Air tanah merupakan air hujan yang meresap ke dalam tanah yang kemudian menjadi aliran bawah tanah dan selanjutnya dimodelkan dengan objek *aquifer*.

4. Pengangkutan

Proses pengangkutan terdiri dari sebuah jaringan saluran pembawa (saluran, pompa, regulator) dan unit-unit tampungan. Pengangkutan air menuju muara atau fasilitas treatment dimana *inflow*nya berasal dari aliran permukaan, *ground water interflow*, aliran limbah atau dari user yang terdefiniskan di dalam *hydrograph*. Transport model dilengkapi objek *node* dan *link*.

Objek yang terdapat pada program *Storm Water Management Model* (SWMM) antara lain:

1. *Rain Gage*, digunakan untuk menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subCatchment* pada wilayah studi.
2. *SubCatchment*, merupakan unit hidrologi berupa tanah dimana topografi dan elemen sistem drainase menunjukkan permukaan *runoff* pada satu titik pelepasan.
3. *Junction*, objek ini dapat menampilkan dua pertemuan dari saluran permukaan alami, saluran sistem pembuangan, atau pipa penghubung.
4. *Outfall*, merupakan titik terminal dari sistem drainase, biasanya terletak sebagai batas hilir.
5. *Flow Divider*, merupakan sistem drainase dimana *inflow* dialihkan pada *conduit* tertentu. Sebuah *flow divider* dapat memiliki tidak lebih dari dua *conduit* pada satu sistemnya. Pengalihan aliran dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{div} = C_w(fH_w)^{1.5} \quad (2.28)$$

Dimana:

Q_{div} = aliran yang dialihkan

C_w = koefisien weir

H_w = tinggi weir

Untuk f dihitung dari rumus:

$$f = \frac{Q_{in} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \quad (2.29)$$

Dimana:

Q_{in} = *inflow* yang menuju *divider*

Q_{min} = aliran dimana pengalihan dimulai

6. *Storage Units*, merupakan penyediaan volume tampungan berupa kolam, waduk, danau, dll. Dalam hal ini menggunakan rumus Manning untuk menyatakan hubungan antara debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidrolis (R), dan kemiringan (S). Dengan rumus:

$$Q = \frac{1.49}{n} AR^{2/3} \sqrt{S} \quad (2.30)$$

Dimana:

n = koefisien manning

7. *Pumps*, digunakan untuk menaikkan air atau meninggikan elevasi air. Hidup dan matinya pompa dapat diatur secara dinamik sepanjang pengaturan control yang telah ditetapkan oleh pengguna.
8. *Flow Regulators*, merupakan struktur atau sarana yang digunakan untuk mengontrol atau mengalihkan aliran. Sistem ini biasanya digunakan untuk mengontrol pelepasan dari fasilitas tampungan, mencegah kelebihan air yang tidak diharapkan, mengalihkan aliran ke *interceptor*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

3.1.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan dilakukan pengumpulan data yang mendukung untuk diteliti yang berasal dari berbagai sumber. Data yang diperlukan adalah data sekunder yang berupa hasil pencatatan, hasil penelitian oleh pihak lain, dan informasi dari pihak yang terkait. Dalam penelitian ini data-data tersebut adalah data hujan harian tahun 2004-2014, data klimatologi, data jumlah penduduk, data parameter SWMM meliputi data luas *Catchment*, panjang daerah pengaliran, sistem tata guna lahan, kemiringan lahan, dll.

3.1.2 Tahap Pengolahan Data Sekunder

Setelah data sekunder terkumpul, selanjutnya akan dilakukan tahap pengolahan. Pengolahan data sekunder dilakukan dengan cara perhitungan yang hasilnya nanti akan dijadikan sebagai data input untuk tahap selanjutnya. Pengolahan data dalam penelitian ini meliputi perhitungan hujan rata-rata, perhitungan evapotranspirasi, perhitungan proyeksi jumlah penduduk, dan perhitungan kebutuhan air.

3.1.3 Tahap Pemodelan

Tahap pemodelan simulasi hujan-debit dilakukan dengan menggunakan model FJ. Mock dan menggunakan *software* SWMM.

Pada tahap pemodelan menggunakan model FJ. Mock akan dilakukan proses penentuan parameter-parameter FJ. Mock yang kemudian dihitung menggunakan aplikasi Ms. Excel. Parameter-parameter tersebut antara lain adalah data hujan bulanan, data evapotranspirasi, data jumlah hari hujan, data luas DAS, dan data tata guna lahan.

Sedangkan pada tahap pemodelan menggunakan *software* SWMM akan dilakukan proses memasukkan parameter-parameter SWMM ke dalam *software* SWMM tersebut sesuai dengan wilayah yang akan diteliti. Beberapa parameter yang digunakan dalam pengolahan data, yaitu: data hujan harian rata-rata, data evapotranspirasi, data luas sub das, panjang sungai, metode infiltrasi, sistem tata guna lahan, kemiringan, prosentase lahan kedap air, angka manning, dll.

Berdasarkan parameter yang tersedia akan dilakukan simulasi hidrologi menggunakan kedua model tersebut untuk mencari potensi air yang tersedia pada objek studi.

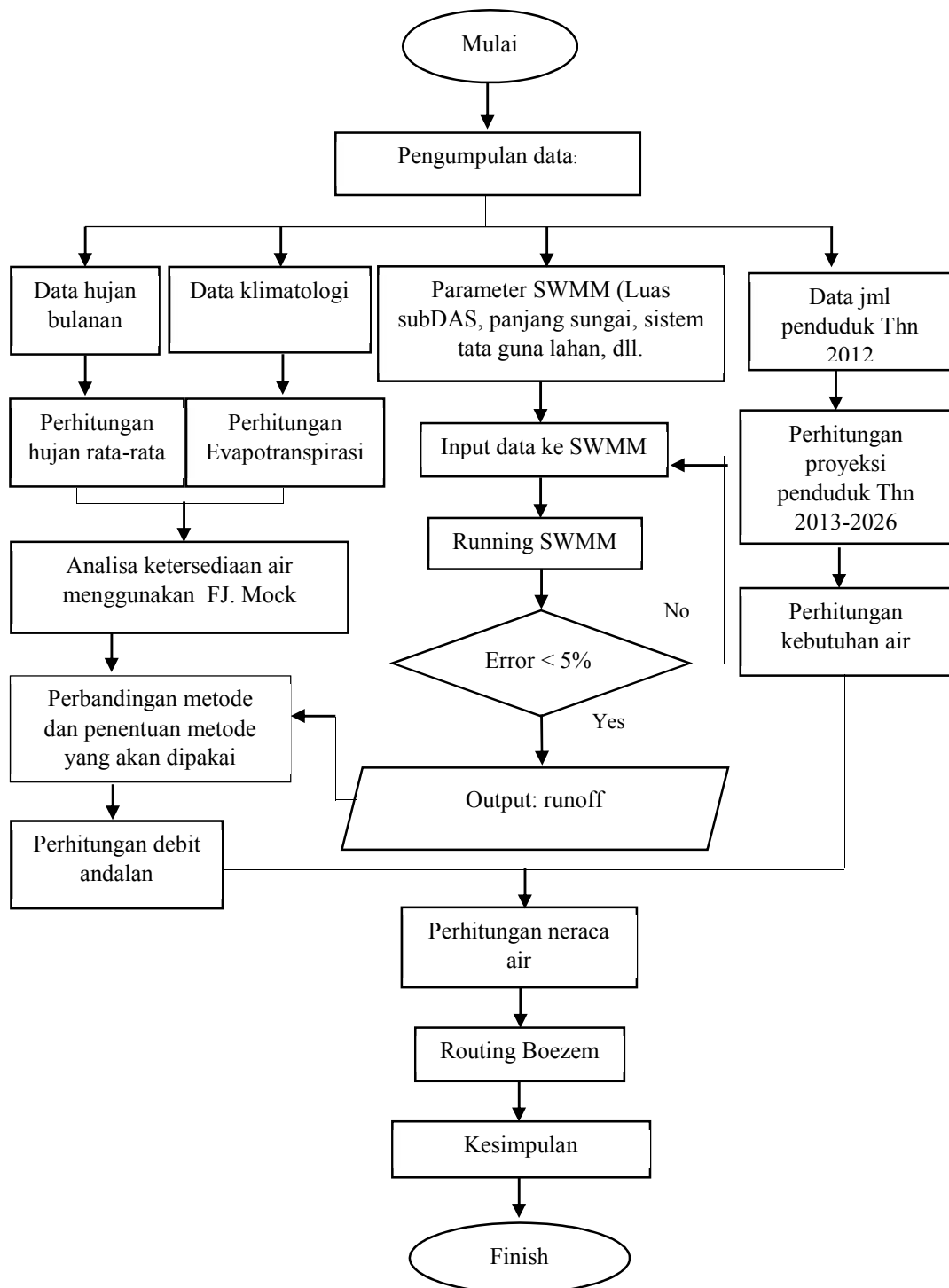
3.1.4 Tahap Analisa

Tahap analisa dilakukan pada hasil perhitungan menggunakan model FJ. Mock dan running program SWMM yang berupa output data debit yang tersedia pada *Catchment*. Dari kedua model tersebut selanjutnya akan dipilih metode mana yang paling sesuai, dan dianalisa berapa besar potensi Boezem atau tampungan yang tersedia agar mampu menampung debit semaksimal mungkin, yang selanjutnya digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan air baku pada kelurahan Wonorejo.

3.1.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap kesimpulan dan saran akan dipaparkan ulasan mengenai hasil simulasi dari kedua model. Dari hasil simulasi akan diketahui apakah dengan mengetahui jumlah ketersediaan air pada *Catchment* maka akan diketahui potensi Boezem Wonorejo sebagai penyedia air baku.

3.2. Diagram Alir



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data Sekunder

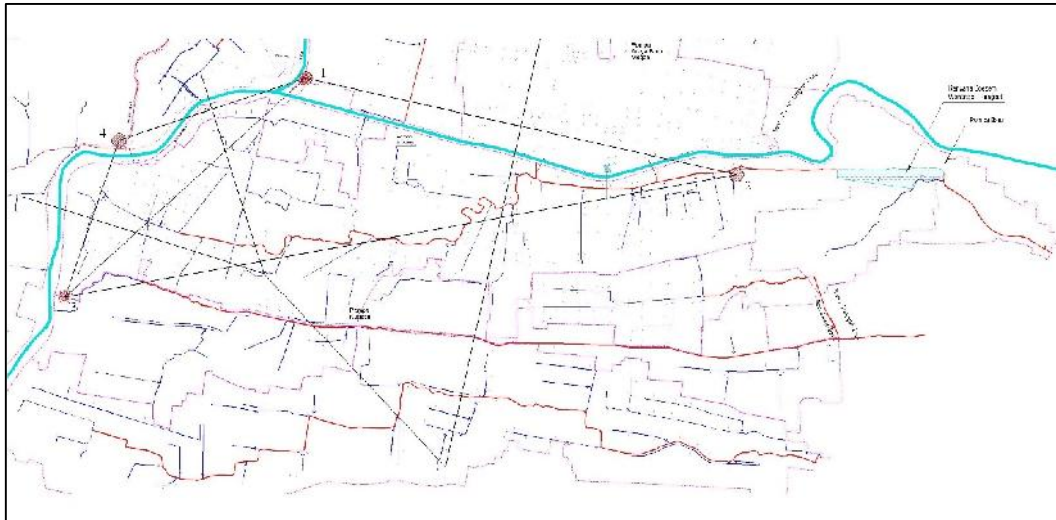
Pengumpulan data sekunder dalam hal ini adalah pengumpulan data berupa data hidrologi, data luas das, panjang sungai, dan sistem tata guna lahan yang ada di wilayah Cathcment Wonorejo Surabaya.

Data hidrologi yang yang digunakan adalah data hujan Daerah Aliran *Catchment* Wonorejo Tahun 2004-2014 pada 4 stasiun hujan yang berpengaruh. Saluran primer pada *Catchment* memiliki panjang $\pm 15,17$ km dan memiliki luas *Catchment* $\pm 47,3$ km². Sistem tata guna lahan yang berada di wilayah *Catchment* wonorejo berupa pemukiman, persawahan, dan pertambakan.

4.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang digunakan adalah perhitungan hujan rata-rata kurun waktu 10 Tahun yaitu Tahun 2004-2014 pada 4 Stasiun Hujan yaitu Stasiun Hujan Wonokromo, Stasiun Hujan Gunung Sari, Stasiun Hujan Kebon Agung, dan Stasiun Hujan Wonorejo.

Perhitungan hujan rata-rata pada DAS Wonorejo menggunakan metode *Polygon Thiessen* karena hujan yang turun pada DAS Wonorejo dianggap tidak merata. *Polygon Thiessen* dibuat menggunakan *Software Autocad 2014*, yang ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 *Polygon Thiessen* pada *Catchment* Wonorejo

Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui luas masing-masing wilayah yang mewakili satu stasiun hujan yang ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Luas sub area yang mewakili masing-masing stasiun hujan

No.	Stasiun Hujan	Luas (km ²)
1	Wonokromo	14.6
2	Gunung Sari	5.9
3	Wonorejo	22.5
4	Kebon Agung	4.3
Luas Total		47.3

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui luas area terkecil sampai luas area terbesar yang diwakili oleh masing-masing stasiun hujan di *Catchment* Wonorejo berturut-turut adalah SH Kebon Agung = 4.3 km², SH Gunung Sari = 5.9 km², SH Wonokromo = 14.6 km², SH Wonorejo = 22.5 km².

Setelah diketahui luas area yang mewakili masing-masing stasiun hujan, maka perhitungan hujan rata-rata pada suatu daerah aliran sungai dapat dihitung menggunakan aplikasi Ms. Excel yang ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Hujan rata-rata bulanan *Catchment* Wonorejo

Tahun	P (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2004	363.22	290.11	546.67	177.54	146.74	16.58	2.66	0	0	0	81.97	213.2
2005	350.01	412.28	477.16	181.8	124.04	107.542	174.69	3.26	17.24	107.53	110.23	476.64
2006	387.35	484.45	392.95	251.94	154.53	11.85	0	0	0	0	10.67	164.79
2007	249.64	386.71	355.71	226.92	94.74	16.69	4.96	0	0	0	30.57	392.96
2008	232.16	128.19	296.31	107.19	54.3	0.93	0	0	0	66.41	256.35	427.64
2009	344.73	476.23	308.36	134.94	301.13	53.85	0	0	0	0	68.2	314.38
2010	431.38	593.45	359.99	448.18	311.8	95.46	46.02	6.51	107	185.5	181.23	321.98
2011	242.2	324.98	336.84	315.21	186.57	7.56	0	0	0	24.7	212.71	638.68
2012	552.07	422.27	194.97	112.6	56.36	3.41	0	0	0	7.1	64.55	529.68
2013	524.34	342.01	397.01	322.96	300.96	224.55	77.6	0	0	0	127.7	426.485
2014	209.715	301.62	502.67	321.49	95.77	162.175	21.24	5.76	0	0	52.64	416.79

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.2 menunjukkan tinggi hujan bulanan rata-rata Tahun 2004-2014 yang dihitung menggunakan rumus perhitungan hujan rata-rata *Polygon Thiessen*. Dalam kurun waktu 10 Tahun pengamatan dapat dilihat bahwa tinggi hujan terbesar terdapat pada bulan Desember Tahun 2011 sebesar 638.68 mm (pada musim penghujan). Sedangkan tinggi hujan terkecil terdapat pada bulan Juni Tahun 2008 sebesar 0.93 mm (pada musim kemarau). Diketahui pula bahwa terdapat hujan selama sepanjang Tahun yaitu pada Tahun 2005 dan 2010. Dimana pada siklus musim kemarau masih terjadi hujan yaitu pada bulan Mei s/d September.

4.3 Analisis Ketersediaan Air Menggunakan Metode FJ. Mock

Analisis ketersediaan air dilakukan untuk mengetahui jumlah debit yang tersedia pada *Catchment* Wonorejo dikarenakan tidak adanya pencatatan debit sebelumnya. Data yang dianalisis menggunakan metode FJ. Mock adalah:

1. Data hujan bulanan rata-rata Tahun 2004-2014 yang sudah dianalisis menggunakan metode hujan rata-rata *Polygon Thiessen*.
2. Data klimatologi yang sudah dihitung sehingga menghasilkan data evapotranspirasi. Data klimatologi yang digunakan adalah data yang dicatat oleh stasiun klimatologi terdekat, yaitu stasiun klimatologi Juanda. Data evapotranspirasi yang dihasilkan dapat ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Evapotranspirasi Bulanan pada *Catchment* Wonorejo

Bulan	Eto (mm/hari)	Ep (mm/bln)
Januari	7.10	220.15
Februari	9.43	264.17
Maret	8.59	266.26
April	6.77	203.14
Mei	7.84	243.09
Juni	7.54	226.25
Juli	62.63	1941.42
Agustus	12.98	402.46
September	16.59	497.74
Oktober	21.66	671.51
November	15.31	459.26
Desember	8.66	268.44

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa besarnya evapotranspirasi bulanan yang terjadi di *Catchment* Wonorejo paling besar terjadi pada musim kemarau tepatnya bulan Juli yaitu sebesar 62.63 mm/hari atau 1941.42 mm/bulan. Dan evapotranspirasi paling kecil terjadi pada musim hujan, yaitu pada bulan April sebesar 6.77 mm/hari atau 203.114 mm/bulan.

Berdasarkan kedua data tersebut, yaitu data hujan bulanan rata-rata dan data evapotranspirasi, akan diketahui berapa nilai infiltrasi, kandungan air tanah, dan *surface runoff* yang ditunjukkan pada halaman lampiran. Sedangkan transformasi data hujan menjadi data debit dapat ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Data Debit Kali Wonorejo

No	Tahun	Bulan (m3/dtk)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	2004	0.737	0.596	2.368	0.792	0.375	0.190	0.090	0.044	0.022	0.011	0.005	0.003
2	2005	0.746	2.191	2.373	1.090	0.409	0.220	0.105	0.051	0.026	0.012	0.006	1.581
3	2006	1.055	2.444	1.685	1.603	0.383	0.234	0.111	0.054	0.028	0.013	0.007	0.003
4	2007	0.666	1.700	1.647	0.937	0.387	0.196	0.093	0.046	0.023	0.011	0.006	1.032
5	2008	0.315	0.351	0.690	0.159	0.091	0.046	0.022	0.011	0.005	0.003	0.001	1.678
6	2009	0.868	2.447	1.617	0.467	0.866	0.320	0.152	0.074	0.038	0.018	0.009	0.745
7	2010	1.392	3.898	1.977	2.663	1.307	0.590	0.280	0.137	0.069	0.033	0.017	0.451
8	2011	0.004	1.013	1.113	1.536	0.524	0.265	0.126	0.062	0.031	0.015	0.007	3.643
9	2012	2.417	2.764	1.078	0.368	0.202	0.102	0.049	0.024	0.012	0.006	0.003	2.162
10	2013	2.187	1.795	1.898	1.974	1.580	0.994	0.406	0.199	0.101	0.048	0.024	1.391
11	2014	0.214	0.809	2.086	1.548	0.581	0.294	0.140	0.068	0.035	0.016	0.008	1.087

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 merupakan data besar debit bulanan pada *Catchment* Wonorejo, yang menunjukkan debit terkecil selama kurun waktu 10 Tahun terjadi pada bulan November Tahun 2008 sebesar 0.001 m³/detik dan debit terbesar terjadi pada bulan Februari Tahun 2010 yaitu sebesar 3.898 m³/detik.

4.4 Analisa Ketersediaan Air Menggunakan Simulasi hidrologi EPA SWMM 5.0

Sebelum menyusun data ke *software* EPA SWMM 5.0, terlebih dahulu ditentukan beberapa parameter seperti berikut:

1. Menentukan peta daerah *subcatchment* (S) yang digunakan untuk simulasi hujan buatan.
2. Menentukan *junction* (J),
3. Menentukan luas area, lebar, kemiringan/ *slope*, lahan kedap air/ *Impervious*, angka manning dan parameter lain yang dipakai dalam *software* SWMM.
4. Data curah hujan harian,
5. Menentukan bentuk penampang sungai (*conduit geometry*).

Untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka parameter-parameter tersebut disajikan dalam tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Rekapitulasi data parameter SWMM

Data	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Area (ha)	643.60	143.60	271.60	78.10	158.60	385.60	100.60	220.60	79.60	340.60	78.60
Width (m)	1472	808	373	630	787	903	692	900	898	1172	245
% slope	0.12	0.24	0.06	0.24	0.09	0.23	0.08	0.2	0.18	0.06	0.17
% Impervious	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
N-Impervious	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
N-pervious	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Dstore-Imp	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Peervious	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%zero Impervious	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Method	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton
Sution head	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Conductivity	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Initial devisit	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Node max depth	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Flow units	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS
Shape	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um
Max depth (m)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Bottom width (m)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Left slope (m)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Right slope (m)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Conduit roughness	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Routing model	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR

Tabel 4.5 Rekapitulasi data parameter SWMM (lanjutan)

Data	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
Area	255.60	499.60	254.60	102.10	91.10	129.60	58.60	79.60	256.60	500.60
Width (m)	680	472	922	333	342	540	185	327	124	1816
% slope	0.11	0.11	0.17	0.17	0.09	0.09	0.18	0.1	0.1	0.03
% Impervious	90	90	90	90	90	75	75	75	45	11.25
N-Impervious	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
N-pervious	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03			
Dstore-Imp	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Dstore-Pervious	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%zero Impervious	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Method	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton	Horton
Sution head	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Conductivity	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Initial devisit	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Node max depth	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Flow units	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS	CMS
Shape	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um	trapesi um
Max depth (m)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Bottom width (m)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Left slope (m)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Right slope (m)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Conduit roughness	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Routing model	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR	DWR

Setelah parameter-parameter diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menentukan data curah hujan dengan menggunakan jumlah total hujan harian maksimum dalam 1 Tahun yaitu Tahun 2004-2014 yang dirata-rata. Hasil total curah hujan rata-rata tersebut akan disesuaikan dengan nilai yang hampir mendekati nilai total hujan harian maksimum pada Tahun 2004-2014, dimana nilai inilah yang akan menjadi pedoman dalam proses selanjutnya.

Tabel 4.6 Total hujan maksimum tiap bulan Tahun 2004-2014

Tahun	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
P max	546.67	477.16	484.45	392.96	427.64	476.23	593.45	638.68	552.07	524.34	502.67
Total	5616.32										
Rata-rata	510.57										

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4.6, total hujan maksimum rata-rata Tahun 2004-2014 sebesar 510.57 mm hampir mendekati dengan total hujan maksimum di Tahun 2014 yaitu sebesar 502.67 mm. Sehingga data hujan Tahun 2014 yang akan digunakan sebagai data input dalam pemodelan. Data curah hujan harian yang akan dipakai dalam pemodelan ditunjukkan pada Tabel 4.7 s/d 4.10 berikut:

Tabel 4.7 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Gunung Sari

Tgl	B U L A N (mm) TAHUN 2014											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	6	22	21	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	11	24	23	0	0	0	0	0	0	0	15
3	34	17	24	23	0	0	0	0	0	0	0	0
4	62	0	38	37	0	0	0	0	0	0	0	2
5	7	0	71	70	0	0	0	0	0	0	0	21
6	11	0	16	15	0	0	11	0	0	0	0	44
7	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
8	5	0	41	14	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	26	10	0	0	0	0	0	0	0	26
10	21	5	49	13	0	20	0	0	0	0	0	2
11	0	0	12	0	0	6	0	0	0	0	0	8
12	11	8	22	12	0	36	0	0	0	0	0	0
13	0	0	58	0	22	0	0	0	0	0	0	0
14	0	21	79	12	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	23	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	22	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	49	7	0	0	37	0	0	0	0	18	0
18	0	17	0	0	0	30	0	0	0	0	0	42
19	0	11	11	4	0	3.5	0	0	0	0	0	86
20	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
21	0	41	3	6	0	0	8.5	0	0	0	0	43
22	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	17
23	0	31	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
24	0	0	0	28	14	0	0	0	0	0	0	15
25	0	0	0	0	17	0	33.5	0	0	0	7	28
26	36	7	0	50	0	0	0	0	0	0	0	12
27	21	0	0	18	0	0	0	0	0	0	31	28
28	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
29	8		21	0	0	0	0	0	0	0	6	0
30	6		19	4.5	0	10.5	0	0	0	0	0	5
31	0		11		0		0	0		0		0

Tabel 4.8 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Wonokromo

Tgl	B U L A N (mm) TAHUN 2014											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	4	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	9	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	23	12	27	0	19	0	0	0	0	0	0	7
4	64	0	36	8	15	0	0	0	0	0	0	0
5	9	0	65	15	18	0	8	0	0	0	0	0
6	12	0	17	19	32	0	0	0	0	0	0	72
7	14	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	48
8	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	17
10	16	4	57	0	0	19	0	0	0	0	0	0
11	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	17
12	0	6	30	11	0	15	0	0	0	0	0	0
13	8	0	63	0	15	16	0	0	0	0	0	0
14	0	15	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	18	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
16	6	21	2	19	0	0	0	0	0	0	15	0
17	0	45	6	0	0	34	0	0	0	0	16	12
18	4	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	45
19	0	18	12	0	0	62	0	0	0	0	0	83
20	7	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
22	0	58	0	34	0	0	8	0	0	0	0	11
23	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
25	0	0	0	42	18	0	32	0	0	0	0	24
26	15	8	0	22	22	0	0	0	0	0	0	19
27	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
28	6	25	0	5	0	0	0	0	0	0	0	18
29	0		48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	4		27	4	0	8	0	0	0	0	4	22
31	0		17		0		0	0		0		13

Tabel 4.9 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Kebon Agung

Tgl	B U L A N (mm) TAHUN 2014											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	6	21	20	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	10	23	22	0	0	0	0	0	0	0	8
3	29	11	25	24	0	0	0	0	0	0	0	0
4	63	0	39	38	0	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	64	65	28	0	0	0	0	0	0	19
6	12	0	14	15	28	0	0	0	0	0	0	42
7	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
8	5	0	39	15	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	22	9	0	0	0	0	0	0	0	20
10	19	7	44	12	0	7.5	0	0	0	0	0	0
11	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	5
12	6	8	26	11	0	0	0	0	0	0	0	0
13	4	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	19	79	11	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	23	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
16	3	23	4	6	0	0	0	0	0	0	9	0
17	0	41	5	0	0	0	0	0	0	0	0	7
18	2	17	0	0	0	29.5	0	0	0	0	0	29
19	0	14	12	13	0	6.5	0	0	0	0	0	89
20	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
21	0	38	4	16	0	0	0	0	0	0	0	36
22	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7
23	0	28	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	9
24	0	0	0	13.5	0	0	0	0	0	0	0	14
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	27
26	26	8	0	61	0	0	0	0	0	0	0	12
27	23	0	0	2	0	0	0	0	0	0	14	26
28	3	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
29	4		27	0	0	0	0	0	0	0	12	16
30	5		17	0	0	0	0	0	0	0	0	18
31	0		3		0		0	0		0		0

Tabel 4.10 Data curah hujan harian Tahun 2014 stasiun hujan Wonorejo

Tgl	B U L A N (mm) TAHUN 2014											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	0	6	19	18	4	0	0	0	0	0	0	0
2	0	10	20	20	0	0	0	12	0	0	0	0
3	20	11	25	25	26	0	0	0	0	0	0	0
4	60	0	35	34	13	0	0	0	0	0	0	0
5	10	0	61	60	0	0	0	0	0	0	0	17
6	12	0	12	13	0	0	0	0	0	0	0	100
7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
8	0	0	0	17	0	25	0	0	0	0	0	0
9	0	0	19	10	0	17	0	0	0	0	0	0
10	15	5	48	19	0	24	0	0	0	0	0	8.5
11	0	0	12	22	0	1.5	0	0	0	0	0	23
12	0	10	27	20	0	0	0	0	0	0	0	0
13	10	0	41	20	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	10	51	13.5	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	30	0	10.5	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	3	1.5	15	0	0	0	0	0	6.5	0
17	0	75	11	0	10	36	0	0	0	0	0	27.5
18	5	10	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
19	0	15	16	0	0	17	0	0	0	0	0	94
20	7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
21	0	30	2	0	0	25	0	0	0	0	0	37.5
22	0	0	0	17	0	19	0	0	0	0	0	2.5
23	0	20	0	17	0	0	0	0	0	0	1	4
24	0	0	0	24	5	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	35	8	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11
27	5	0	0	3	13	0	0	0	0	0	25	28
28	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
29	6		17	0	0	0	0	0	0	0	14	8.5
30	0		10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
31	0		7		0		0	0		0		0

Dari keempat stasiun hujan yang diketahui selanjutnya dilakukan perhitungan hujan harian rata-rata dengan cara mengkalikan data hujan harian dari

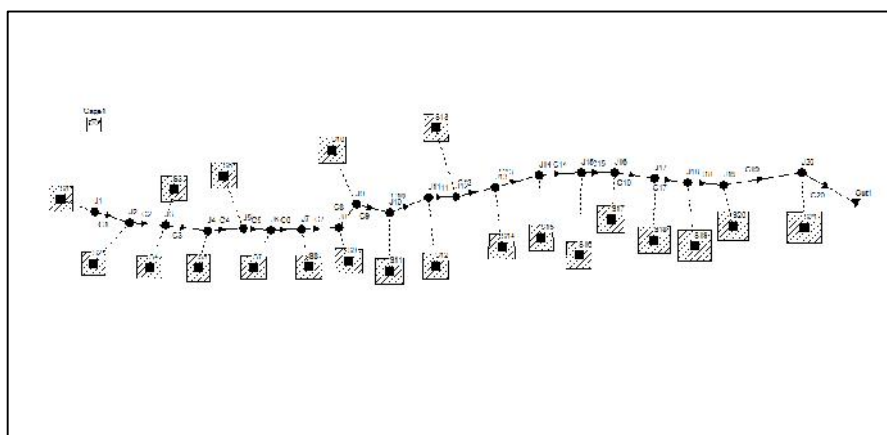
keempat stasiun dengan koefisien Thiessen. Sehingga didapatkan data hujan harian rata-rata Tahun 2014 yang ditunjukkan pada Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Data hujan harian rata-rata Tahun 2014

Tgl	Bulan (mm) Tahun 2014											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	0	5.38	19.54	12.96	1.92	0	0	0	0	0	0	0
2	0	9.81	20.75	14.34	0	0	0	5.76	0	0	0	2.52
3	23.375	12.03	25.5	16.92	18.37	0	0	0	0	0	0	2.17
4	61.75	0	36.03	26.66	10.89	0	0	0	0	0	0	0.24
5	9.15	0	63.71	47.7	8.1	0	2.48	0	0	0	0	12.39
6	11.835	0	14.21	15.28	12.44	0	1.32	0	0	0	0	79.38
7	12.575	0	0	7.13	0	0	0	0	0	0	0	23.22
8	2.245	0	8.43	12.74	0	12	0	0	0	0	0	0
9	0	0	21.66	6.81	0	8.16	0	0	0	0	0	10.19
10	16.345	4.87	50.55	11.76	0	20.485	0	0	0	0	0	4.26
11	0	0	12.58	10.56	0	1.44	0	0	0	0	0	17.72
12	1.815	8.34	27.24	15.44	0	8.97	0	0	0	0	0	0
13	7.64	0	51.57	9.6	7.29	4.96	0	0	0	0	0	0
14	0	13.68	65.25	8.91	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	24.81	0	8.26	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2.13	11.22	3.14	7.87	7.2	0	0	0	0	0	8.58	0
17	0	59.52	8.43	0	4.8	32.26	0	0	0	0	7.12	17.55
18	3.82	12.71	0.93	0	0	20.655	0	0	0	0	0	21.54
19	0	15.36	13.8	1.65	0	28.385	0	0	0	0	0	89.12
20	5.845	11.76	2.48	0	0	0	0	0	0	0	1.92	2.22
21	0	37.93	1.68	2.16	0	12	1.02	0	0	0	0	30.06
22	0	17.98	0	21.49	0	9.12	2.48	0	0	0	0	7.28
23	0	22.97	0	8.715	0	0	0	0	0	0	0.48	9.2
24	0	0	0	16.095	4.08	0	0	0	0	0	3.72	3.06
25	0	0	0	13.02	7.62	0	13.94	0	0	0	1.2	13.23
26	28.065	7.88	0	18.31	6.82	0	0	0	0	0	2.88	13.69
27	14.385	0	0	3.78	6.24	0	0	0	0	0	16.98	23.17
28	2.13	22.96	0	1.55	0	0	0	0	0	0	0	11.19
29	4.2	0	27.99	0	0	0	0	0	0	0	8.52	5.52
30	2.41	0	16.98	1.78	0	3.74	0	0	0	0	1.24	13.84
31	0	0	10.22	12.96	0	0	0	0	0	0	0	4.03

Setelah data curah hujan harian rata-rata Tahun 2014 dan parameter yang diperlukan diketahui, maka langkah-langkah simulasi adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah membuat skema *Catchment* dan *subcatchment* Wonorejo, yang ditunjukkan oleh gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2 Skema aliran sungai di *Catchment* Wonorejo

Gambar 4.2 menunjukkan skema aliran sungai *Catchment* Wonorejo yang setiap bagian dari *Catchment* diwakili oleh notasi sebagai simbol parameter

Catchment. *Gage* merupakan notasi dari stasiun penakar hujan. S1 s/d S21 merupakan notasi dari *subCatchment* 1 s/d 21, J1 s/d J20 merupakan notasi dari *junction* 1 s/d 20, C1 s/d C20 merupakan notasi dari *Conduit* 1 s/d 20, dan Out1 merupakan notasi dari *Outfall*.

2. Tahap kedua yaitu memasukkan data pada setiap objek S pada *Catchment* dengan data yang sesuai dengan tabel 4.5,
3. Tahap ketiga yaitu memasukkan data pada setiap objek J dan C dengan data yang ditunjukkan pada tabel 4.12 berikut:

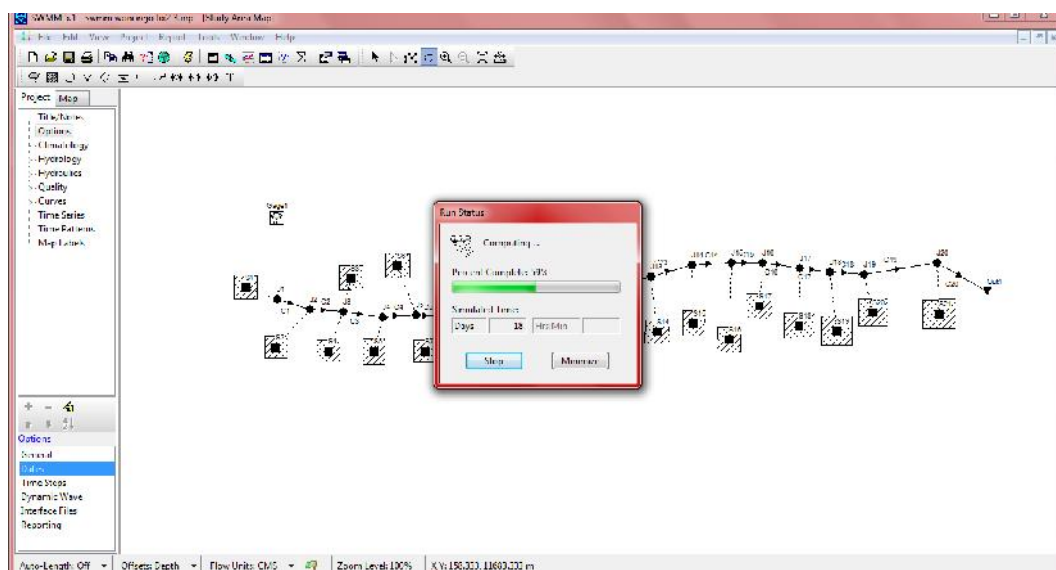
Tabel 4.12 Data input untuk *Junction* (J) dan *Conduit* (C)

Node	Invert (elv) (m)	Conduit	Length (m)
J1	7	C1	3400
J2	7	C2	4450
J3	6	C3	10900
J4	7	C4	10400
J5	8	C5	3000
J6	7	C6	3300
J7	4	C7	8500
J8	6	C8	11500
J9	4	C9	1950
J10	5	C10	3350
J11	6	C11	4800
J12	5	C12	3300
J13	3	C13	5800
J14	3	C14	6950
J15	3	C15	1200
J16	4	C16	3300
J17	3	C17	4300
J18	2	C18	2500
J19	2	C19	2200
J20	3	C20	29350
J21	2	C21	18600
out	3		143050

Tabel 4.12 menunjukkan nilai-nilai yang dimasukkan pada node J dan C. Pada node J, input yang dimasukkan adalah data *invert* atau elevasi yang dimiliki oleh tiap node J. Pada node C, input yang dimasukkan adalah data *length* atau jarak saluran pengaliran yang dibatasi oleh node J.

4. Tahap keempat yaitu memasukkan data pada node Gage dengan *rain format*: *volume*, *rain internal*: 24:00, *data source*: *time series*, *series name*: TSG1, TSG2, TSG3, TSG4, TSG5, TSG6, TSG7, TSG8, TSG9, TSG10, TSG11, TSG12.
5. Tahap kelima yaitu proses *running* simulasi. Proses simulasi diawali dengan menyetting tanggal dan waktu analisis data dimulai dan diakhiri. Dalam

penelitian ini analisis dimulai pada 01 januari 2014 sampai 31 Desember 2014.
Dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.3 Proses *running* simulasi di *Catchment* Wonorejo

Untuk mengetahui hasil dari simulasi *Catchment* Wonorejo, hasil *running* dapat dilihat pada halaman lampiran. Dari hasil *running* tersebut didapatkan output yang berupa *runoff* sebagai ketersediaan air di *Catchment* Wonorejo yang ditunjukkan pada tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13 Hasil akhir output *running* simulasi *Catchment* Wonorejo

Bulan	Run off (ha-m)/dtk	Run off (m3/dtk)
Januari	729.245	0.073
Februari	1055.088	0.106
Maret	1937.652	0.194
April	1104.776	0.110
Mei	274.892	0.027
Juni	550.769	0.055
Juli	46.459	0.005
Agustus	12.095	0.001
September	0	0.000
Oktober	0	0.000
November	127.485	0.013
Desember	1555.858	0.156
Total	7394.319	0.739
Rata-rata	66.02	0.062

Sumber: Hasil *running* software SWMM



Gambar 4.4 Grafik output hasil *runoff* pada software SWMM

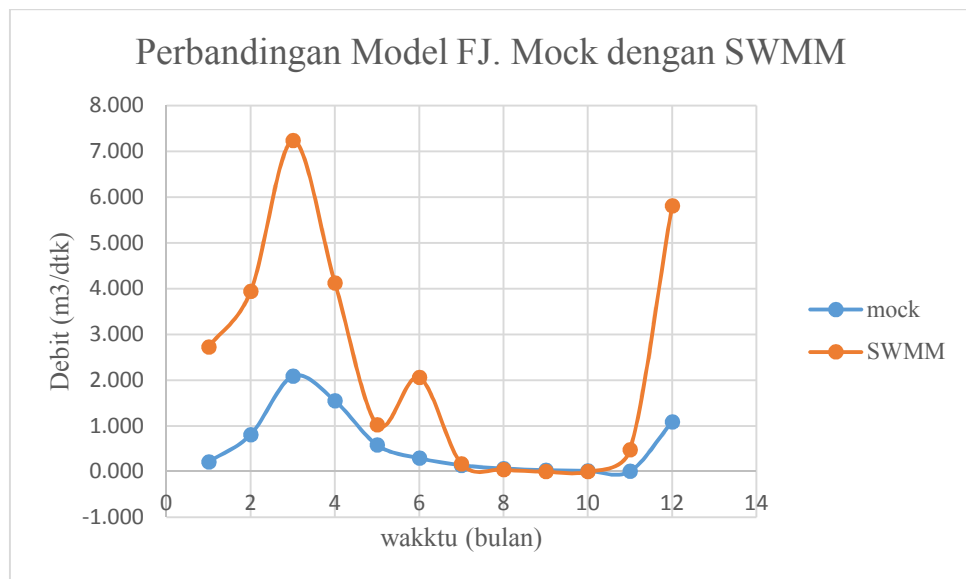
Tabel 4.13 dan Gambar 4.4 menjelaskan tentang runoff yang terjadi selama 1 Tahun pada *Catchment* wonorejo. Semakin tinggi curah hujan dalam tiap bulannya maka semakin tinggi pula nilai *runoff*. Nilai *runoff* dalam satu Tahun tersebut merupakan jumlah ketersediaan air di *Catchment* Wonorejo yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air di kelurahan Wonorejo dengan memanfaatkan potensi Boezem Wonorejo sebagai tampungannya. Berdasarkan tabel 4.13 dapat disimpulkan rata-rata *runoff* dalam 1 Tahun sebesar 0.062 m3/dtk. Besar runoff tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 0.194 m3/dtk, sedangkan besar runoff terendah terjadi pada bulan September dan Oktober sebesar 0.0 m3/dtk.

4.5 Perbandingan Simulasi FJ. Mock dengan Software SWMM

Kegiatan simulasi hidrologi untuk mendapatkan data debit pada catchment Wonorejo yang menggunakan metode FJ. Mock dan software SWMM, selanjutnya dapat diperbandingkan untuk mendapatkan keputusan dalam penggunaan data yang akan dipakai dalam perhitungan selanjutnya. Perbandingan simulasi FJ. Mock dan software SWMM dapat ditunjukkan pada tabel 4.14 dan gambar 4.5 berikut:

Tabel 4.14 Perbandingan nilai debit tahun 2014 menggunakan simulasi FJ. Mock dan *software* SWMM

Bulan	Debit Tahun 2014 menggunakan metode FJ. mock	Debit Tahun 2014 hasil simulasi menggunakan software SWMM
	m3/dtk	m3/dtk
Januari	0.214	2.723
Februari	0.809	3.939
Maret	2.086	7.234
April	1.548	4.125
Mei	0.581	1.026
Juni	0.294	2.056
Juli	0.140	0.173
Agustus	0.068	0.045
September	0.035	0.000
Oktober	0.016	0.000
November	0.008	0.476
Desember	1.087	5.809
Total	6.886	27.607
Rata-rata	0,574	2.301



Gambar 4.5 Perbandingan Model FJ. Mock dengan simulasi SWMM

Perbandingan yang ditampilkan oleh tabel 4.14 dan gambar 4.5 menunjukkan perbedaan yang cukup mencolok diantara kedua model simulasi, yaitu nilai debit pada bulan juni yang dihasilkan oleh simulasi menggunakan

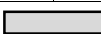
software SWMM mengalami kenaikan dari bulan sebelumnya. Hal ini berbeda dengan hasil dari simulasi menggunakan metode FJ. Mock dimana nilai debit pada bulan juni dan juli mengalami penurunan, mengingat bahwa bulan juni dan juli merupakan puncak dari musim kemarau. Sehingga dari kedua model simulasi tersebut dapat diputuskan akan menggunakan data debit hasil simulasi metode FJ. Mock dikarenakan nilai yang dihasilkan lebih mendekati fenomena kondisi asli lapangan.

4.6 Perhitungan Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dimaksudkan untuk mengetahui jumlah debit yang selalu tersedia sepanjang Tahun dengan resiko kegagalan yang diperhitungkan sekecil mungkin. Debit andalan dihitung setelah debit bulanan diketahui. Pada penelitian ini ditetapkan debit andalan untuk keperluan air baku 90% menggunakan metode rangking dan metode statistik sebagai pembandingnya. Hasil perhitungan debit andalan metode rangking dan metode statistik ditunjukkan pada tabel 4.15 dan tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.15 Debit Andalan Metode Rangking Q_{90}

no	Tahun	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	2004	0.737	0.596	2.368	0.792	0.375	0.190	0.090	0.044	0.022	0.011	0.005	0.003
2	2005	0.746	2.191	2.373	1.090	0.409	0.220	0.105	0.051	0.026	0.012	0.006	1.581
3	2006	1.055	2.444	1.685	1.603	0.383	0.234	0.111	0.054	0.028	0.013	0.007	0.003
4	2007	0.666	1.700	1.647	0.937	0.387	0.196	0.093	0.046	0.023	0.011	0.006	1.032
5	2008	0.315	0.351	0.690	0.159	0.091	0.046	0.022	0.011	0.005	0.003	0.001	1.678
6	2009	0.868	2.447	1.617	0.467	0.866	0.320	0.152	0.074	0.038	0.018	0.009	0.745
7	2010	1.392	3.898	1.977	2.663	1.307	0.590	0.280	0.137	0.069	0.033	0.017	0.451
8	2011	0.004	1.013	1.113	1.536	0.524	0.265	0.126	0.062	0.031	0.015	0.007	3.643
9	2012	2.417	2.764	1.078	0.368	0.202	0.102	0.049	0.024	0.012	0.006	0.003	2.162
10	2013	2.187	1.795	1.898	1.974	1.580	0.994	0.406	0.199	0.101	0.048	0.024	1.391
11	2014	0.214	0.809	2.086	1.548	0.581	0.294	0.140	0.068	0.035	0.016	0.008	1.087

Ket:  Debit andalan Q_{90}

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Debit Andalan Metode Statistik Q₉₀

no	Tahun	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	2004	0.737	0.596	2.368	0.792	0.375	0.190	0.090	0.044	0.022	0.011	0.005	0.003
	2005	0.746	2.191	2.373	1.090	0.409	0.220	0.105	0.051	0.026	0.012	0.006	1.581
2	2006	1.055	2.444	1.685	1.603	0.383	0.234	0.111	0.054	0.028	0.013	0.007	0.003
3	2007	0.666	1.700	1.647	0.937	0.387	0.196	0.093	0.046	0.023	0.011	0.006	1.032
4	2008	0.315	0.351	0.690	0.159	0.091	0.046	0.022	0.011	0.005	0.003	0.001	1.678
5	2009	0.868	2.447	1.617	0.467	0.866	0.320	0.152	0.074	0.038	0.018	0.009	0.745
6	2010	1.392	3.898	1.977	2.663	1.307	0.590	0.280	0.137	0.069	0.033	0.017	0.451
7	2011	0.004	1.013	1.113	1.536	0.524	0.265	0.126	0.062	0.031	0.015	0.007	3.643
8	2012	2.417	2.764	1.078	0.368	0.202	0.102	0.049	0.024	0.012	0.006	0.003	2.162
9	2013	2.187	1.795	1.898	1.974	1.580	0.994	0.406	0.199	0.101	0.048	0.024	1.391
10	2014	0.214	0.809	2.086	1.548	0.581	0.294	0.140	0.068	0.035	0.016	0.008	1.087

Ket: Debit andalan Q₉₀

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan debit andalan menggunakan metode rangking dan metode statistik yang ditunjukkan pada tabel 4.15 dan 4.16, maka akan dibandingkan dengan mengambil keputusan penggunaan data debit andalan untuk digunakan dalam perhitungan tahap selanjutnya.

Tabel 4.17 Perbandingan Debit Andalan Metode Rangking dan Metode Statistik

No	Metode	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	Rangking	0.004	0.351	0.690	0.159	0.091	0.046	0.022	0.011	0.005	0.003	0.001	0.003
2	Statistik	0.214	0.809	1.078	0.467	0.202	0.102	0.049	0.024	0.012	0.003	0.001	0.451

Sumber: Hasil perhitungan

Pada tabel 4.17 dapat diketahui bahwa nilai debit andalan menggunakan metode rangking lebih kecil daripada nilai debit andalan menggunakan metode statistik. Maka yang akan digunakan dalam perhitungan tahap selanjutnya adalah metode dengan nilai yang lebih kecil yaitu nilai debit andalan metode rangking.

4.7 Perhitungan kebutuhan air Kota Surabaya

Kebutuhan air di Kota Surabaya akan berbeda setiap Tahunnya sesuai dengan perkembangan penduduk Kota Surabaya itu sendiri. Pada Tahun 2014, jumlah pelanggan air di PDAM Surabaya sebesar ± 526668 SR (Sambungan

Rumah), dengan kapasitas produksi sebesar ± 10830 liter/detik, dan cakupan pelayanan $\pm 92.64\%$ wilayah Surabaya.

Jumlah penduduk Kota Surabaya berdasarkan data BP3S Kota Surabaya pada Tahun 2000-2005 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Jumlah penduduk Kota Surabaya Tahun 2000-2005

Tahun	Jumlah penduduk
2000	2443558
2001	2473461
2002	2504142
2003	2659566
2004	2692461
2005	2711090

Sumber: BP3S Kota Surabaya dalam Setiawan (2003)

Tabel 4.18 dimaksudkan untuk memprediksi proyeksi penduduk Kota Surabaya dimasa mendatang dengan dasar kondisi perkembangan penduduk yang ada dari Tahun ke Tahun.

Pada penelitian ini, perhitungan kebutuhan air disesuaikan dengan potensi ketersediaan air yang ada pada Kali Wonorejo dengan memanfaatkan Boezem Wonorejo sebagai tampungannya. Debit yang tersedia diprediksikan dapat mensupply salah satu kelurahan yang berada dalam kecamatan Rungkut yaitu kelurahan Wonorejo. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Rungkut Tahun 2013, kelurahan Wonorejo memiliki jumlah penduduk sebesar 14680 jiwa pada Tahun 2012 dan mengalami kenaikan sebesar 4.6% pada Tahun 2013 menjadi 15361 jiwa. Data tersebut dijadikan acuan untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk pada Tahun-Tahun selanjutnya.

Perhitungan proyeksi penduduk dan kebutuhan air di kelurahan Wonorejo menggunakan rumus metode geometris dapat ditunjukkan pada tabel 4.19 s/d tabel 4.20 berikut:

Tabel 4.19 Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Wonorejo Tahun 2012-2026

	Tahun	Jml penduduk (jiwa)	Prosentase kenaikan (%)
Po	2012	14680.00	4.6 %
Pn1	2013	15361.00	
Pn2	2014	16061.62	
Pn3	2015	16800.46	
Pn4	2016	17573.28	
Pn5	2017	18381.65	
Pn6	2018	19227.21	
Pn7	2019	20111.66	
Pn8	2020	21036.79	
Pn9	2021	22004.5	
Pn10	2022	23016.7	
Pn11	2023	24075.5	
Pn12	2024	25182.9	
Pn13	2025	26341.3	
Pn14	2026	27553	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.19 maka dapat dihitung jumlah kebutuhan air di Kelurahan Wonorejo. Kebutuhan air untuk skala domestik ditetapkan sebesar 250/liter/orang/hari. Sehingga kebutuhan air penduduk di Kelurahan Wonorejo disesuaikan dengan proyeksi penduduk Tahun 2012-2026 ditunjukkan pada tabel 4.20 berikut:

Tabel 4.20 Proyeksi Kebutuhan Air Penduduk di Kelurahan Wonorejo Tahun 2012-2026

	Tahun	Jml penduduk	Kebutuhan air (lt/hr)	Kebutuhan air (m3/hr)
Po	2012	14680.00	3670000	3670
Pn1	2013	15361.00	3840250	3840.25
Pn2	2014	16061.62	4015406	4015.406
Pn3	2015	16800.46	4200114	4200.114
Pn4	2016	17573.28	4393320	4393.32
Pn5	2017	18381.65	4595412	4595.412
Pn6	2018	19227.21	4806801	4806.801
Pn7	2019	20111.66	5027914	5027.914
Pn8	2020	21036.79	5259198	5259.198
Pn9	2021	22004.5	5501121	5501.121
Pn10	2022	23016.7	5754173	5754.173
Pn11	2023	24075.5	6018865	6018.865
Pn12	2024	25182.9	6295733	6295.733
Pn13	2025	26341.3	6585336	6585.336
Pn14	2026	27553	6888262	6888.262

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.21 Kebutuhan air pada 2, 5, dan 10 Tahun mendatang pada Kelurahan Wonorejo

No	Wilayah	Prosentase kenaikan (%)	Kebutuhan air (m ³ /hr)			
			Saat ini (2016)	2 Tahun mendatang (2018)	5 Tahun mendatang (2021)	10 Tahun mendatang (2026)
1.	Wonorejo	4.6	4393.32	4806.801	5501.121	6888.262

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.21 menunjukkan jumlah total kebutuhan air pada Tahun 2026 di kelurahan Wonorejo sebesar 6888.262 m³/hr atau 0.08 m³/detik.

4.8 Perhitungan *Water Balance*

Berdasarkan perhitungan proyeksi ketersediaan air pada *Catchment* Wonorejo dan kebutuhan air penduduk di kelurahan Wonorejo maka dapat disajikan besar total ketersediaan dan kebutuhan air yang ditunjukkan oleh tabel 4.22 berikut:

Tabel 4.22 Tabel *Water Balance* pada *Catchment* Wonorejo untuk saat ini, 2, 5 dan 10 Tahun mendatang

Bln	Ketersediaan air (m ³ /dtk)	Kebutuhan air (m ³ /dtk)				Neraca air (m ³ /dtk)			
		Saat ini (2016)	2 th (2018)	5 th (2021)	10 th (2026)	Saat ini (2016)	2 th (2018)	5 th (2021)	10 th (2026)
Jan	0.004	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.047	-0.052	-0.060	-0.076
Feb	0.351	0.051	0.056	0.064	0.080	0.300	0.296	0.288	0.272
Mar	0.690	0.051	0.056	0.064	0.080	0.639	0.635	0.627	0.611
Apr	0.159	0.051	0.056	0.064	0.080	0.109	0.104	0.096	0.080
Mei	0.091	0.051	0.056	0.064	0.080	0.040	0.036	0.028	0.012
Jun	0.046	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.005	-0.009	-0.017	-0.033
Jul	0.022	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.029	-0.034	-0.042	-0.058
Ags	0.011	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.040	-0.045	-0.053	-0.069
Sept	0.005	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.045	-0.050	-0.058	-0.074
Okt	0.003	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.048	-0.053	-0.061	-0.077
Nov	0.001	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.050	-0.054	-0.062	-0.078
Des	0.003	0.051	0.056	0.064	0.080	-0.048	-0.053	-0.061	-0.077

Sumber: Hasil Perhitungan

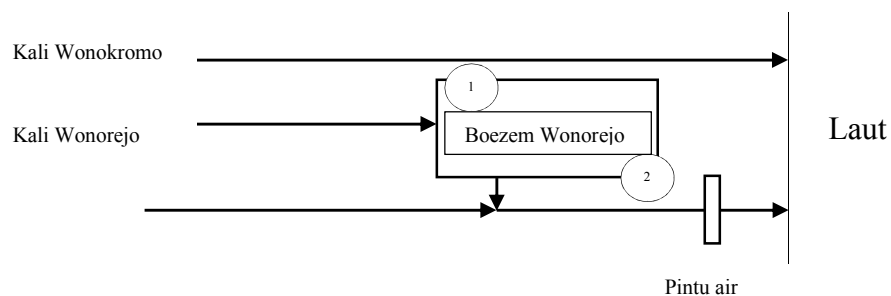
Tabel 4.22 menunjukkan bahwa jumlah kebutuhan air tidak sepenuhnya dapat terpenuhi sepanjang Tahun jika ditinjau dari jumlah ketersediaan air yang ada. Bulan dimana air mampu memenuhi kebutuhan dalam kurun waktu 2, 5, dan 10 Tahun mendatang terdapat pada bulan Februari s/d Mei. Dan pada Bulan Januari, Juni, Juli, Agustus, September, Oktober, November, Desember, ketersediaan air

yang ada mengalami defisit atau tidak mampu memenuhi kebutuhan air yang direncanakan.

4.9 Potensi Boezem Wonorejo

Sebelum menganalisa potensi Boezem Wonorejo, terlebih dahulu perlu dianalisis proses operasi Boezem berdasarkan ketersediaan air dari debit andalan yang masuk dan kebutuhan air yang direncanakan. Sehingga perlu diterapkan perilaku sebagai berikut:

1. Dilakukan dengan menggunakan debit andalan
2. Jumlah air yang tertampung di Boezem diusahakan semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan air baku.
3. Jika kondisi elevasi muka air Boezem kurang dari 0.5 m dari dasar Boezem, maka Boezem dianggap kosong
4. Kehilangan-kehilangan akibat bocoran, rembesan pada Boezem diabaikan
5. Jumlah kelebihan air dibuang ke Kali Jagir Wonokromo dengan menggunakan pompa eksisting yaitu rumah pompa Boezem Wonorejo 1, dan kelebihan air dibuang ke hilir Kali Wonorejo dengan menggunakan rumah pompa Boezem Wonorejo 2 dengan kapasitas pompa sebesar 90 m³/menit.
6. Penutupan permanen atau penambahan pintu air pada saluran outlet Boezem.
7. Optimasi Boezem Wonorejo dilakukan dengan melakukan pelebaran tampungan.



Gambar 4.6 Skema aliran pada Boezem Wonorejo

Selain hal tersebut, perlu juga diketahui berapa volume eksisting tampungan Boezem itu sendiri dengan mempertimbangkan tiga aspek dalam tampungan, yaitu tampungan mati, tampungan aktif, dan tinggi jagaan. Dengan luas 8 ha dan

kedalaman 3 m, Boezem Wonorejo memiliki volume total 240000 m³ (Tampungan eksisting/ TE). Volume tersebut dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Tampungan mati (TM), elevasi 0.0-0.5 m dari dasar Boezem, dengan volume 40000 m³.
2. Tampungan aktif (TA), elevasi 0.5-2.5 m, dengan volume 160000 m³.
3. Tinggi jagaan (TJ), elevasi 2.5-3.00 m, dengan volume 40000 m³.

Untuk mengetahui apakah Boezem Wonorejo mampu menampung debit yang tersedia, maka dilakukan proses *routing* dengan data input berupa data debit sebagai *inflow*, dan data kebutuhan air sebagai debit Air baku (Q), sehingga akan didapat berapa volume Boezem yang dibutuhkan agar bisa dioptimalkan mampu menampung air guna memenuhi kebutuhan air yang direncanakan.

Meninjau pada perhitungan *water balance* yang terdapat pada tabel 4.13, diketahui ketersediaan air yang mampu memenuhi kebutuhan air mula-mula terdapat pada bulan Februari. Sehingga pada perhitungan *routing* Boezem ditentukan awal mula penyimpanan air pada Boezem dilakukan pada bulan Februari tersebut. Perhitungan *routing* Boezem Wonorejo direncanakan dengan asumsi jika kebutuhan air sebesar 0.08 m³/dtk atau 80 liter/dtk, 0.09 m³/dtk atau 90 liter/dtk, dan 0.1 m³/dtk atau 100 liter/dtk. Perhitungan *routing* Boezem dapat dilihat pada tabel 4.23 s/d tabel 4.25 berikut:

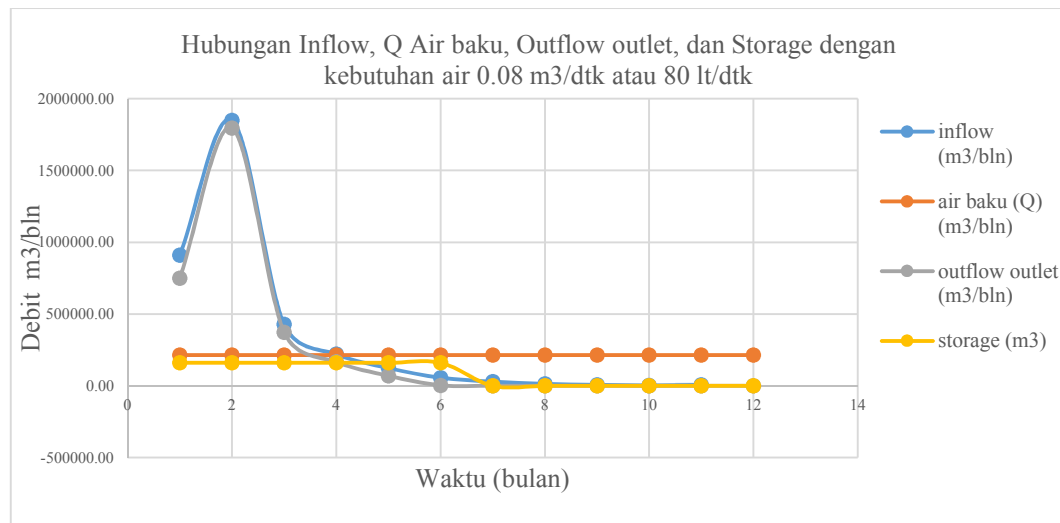
Tabel 4.23 Perhitungan *Routing* Boezem Wonorejo dengan Q air baku 0.080 m³/dtk atau 80 ltr/detik

Bln	Elv MA pada S (m)	inflow (I) (m ³ /bln)	Q Air baku (Q) (m ³ /bln)	TA= TE-TM-TJ	Outflow Outlet (O) (m ³ /bln)	S tambahan (m ³)
	0	0	0			
Feb	2	910456.73	213536.12	160000	750456.73	53536.12
Mar	2	1848808.72	213536.12	160000	1795272.60	
Apr	2	427172.20	213536.12	160000	373636.08	
Mei	2	220895.43	213536.12	160000	167359.31	
Jun	2	123830.30	213536.12	160000	70294.18	
Jul	2	56825.35	213536.12	160000	3289.23	
Agu	2	28772.57	213536.12	0	0.00	
Sep	2	14098.56	213536.12	0	0.00	
Okt	2	6908.29	213536.12	0	0.00	

Tabel 4.23 Perhitungan *Routing* Boezem Wonorejo dengan Q air baku 0.080 m³/dtk atau 80 ltr/detik (lanjutan)

Bln	Elv MA pada S (m)	inflow (I) (m ³ /bln)	Q Air baku (Q) (m ³ /bln)	TA= TE-TM-TJ	Outflow Outlet (O) (m ³ /bln)	S tambahan (m ³)
Nov	2	3497.90	213536.12	0	0.00	53536.12
Des	2	6600.68	213536.12	0	0.00	
Jan	2	10265.32	213536.12	0	0.00	

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.8 Hubungan *Inflow*, Q Air baku, *Outflow* outlet, dan *Storage* dengan kebutuhan air 0.08 m³/dtk atau 80 lt/dtk

Tabel 4.28 menunjukkan besar *inflow* per bulan, besar Q air baku sepanjang Tahun dengan nilai konstan yaitu 213536.12 m³/bln atau 80 lt/dtk, dan volume *storage* aktif eksisting 160000 m³. Selisih antara besar Q air baku dengan tampungan eksisting adalah sebesar 53536.12 m³/bln. Sehingga dibutuhkan tampungan tambahan sebesar 53536.12 m³ untuk menampung debit Q air baku.

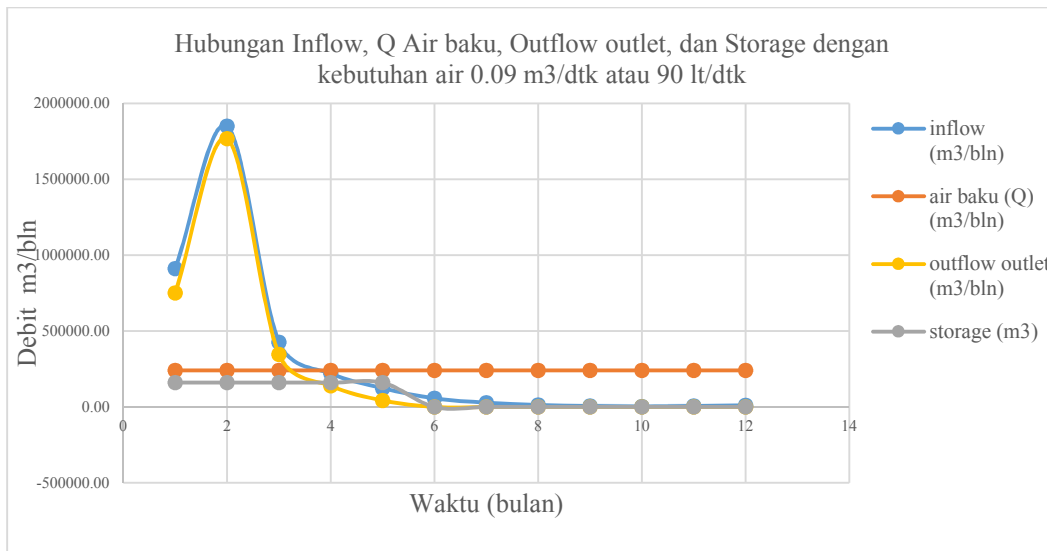
Tabel 4.24 Perhitungan *Routing* Boezem Wonorejo dengan Q air baku 0.090 m³/dtk atau 90 ltr/detik

Bln	Elv MA pada S (m)	inflow (I) (m ³ /bln)	Air baku (Q) (m ³ /bln)	TA=TE-TM-TJ	Outflow outlet (O) (m ³ /bln)	S tambahan (m ³)
	0	0	0			
Feb	2	910456.73	241056	160000	750456.73	40528
Mar	2	1848808.72	241056	160000	1767752.72	
Apr	2	427172.20	241056	160000	346116.20	

Tabel 4.24 Perhitungan *Routing* Boezem Wonorejo dengan Q air baku 0.090 m³/dtk atau 90 lt/detik (Lanjutan)

Bln	Elv MA pada S (m)	inflow (I) (m ³ /bln)	Air baku (Q) (m ³ /bln)	TA=TE-TM-TJ	Outflow outlet (O) (m ³ /bln)	S tambahan (m ³)
Mei	2	220895.43	241056	160000	139839.43	40528
Jun	2	123830.30	241056	160000	42774.30	
Jul	2	56825.35	241056	0	0	
Agu	2	28772.57	241056	0	0	
Sep	2	14098.56	241056	0	0	
Okt	2	6908.29	241056	0	0	
Nov	2	3497.90	241056	0	0	
Des	2	6600.68	241056	0	0	
Jan	2	10265.32	241056	0	0	

Sumber: Hasil perhitungan



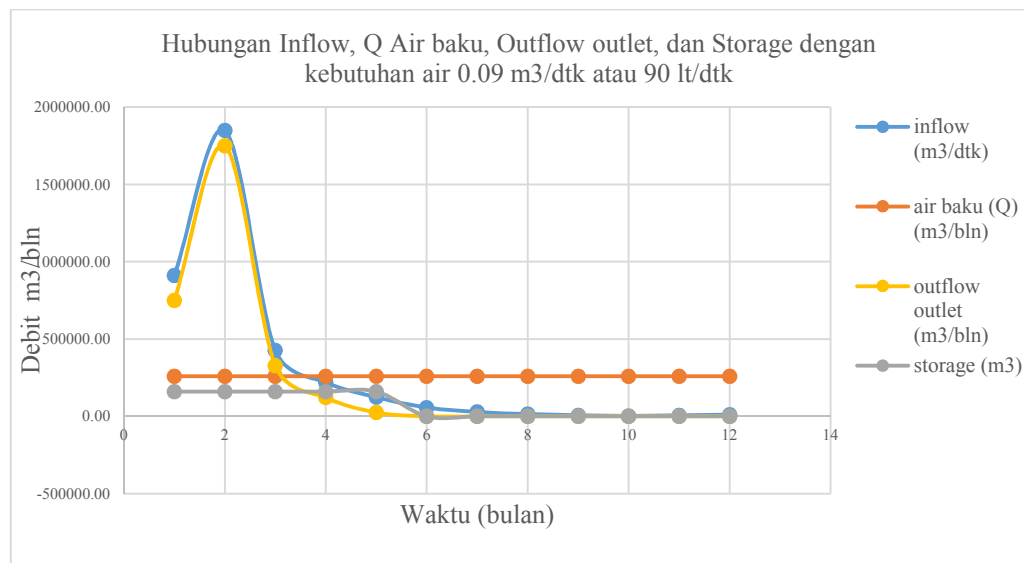
Gambar 4.9 Hubungan *Inflow*, Q Air baku, *Outflow outlet*, dan *Storage* dengan kebutuhan air 0.09 m³/dtk atau 90 lt/dtk

Tabel 4.24 menunjukkan besar *inflow* per bulan, besar Q air baku sepanjang Tahun dengan nilai konstan yaitu 241056 m³/bln atau 90 lt/dtk, dan volume *storage* aktif eksisting 160000 m³. Selisih antara besar *outflow* dengan tampungan eksisting atau air yang tidak tertampung adalah sebesar 81056 m³/bln. Sehingga dibutuhkan tampungan tambahan sebesar 81056 m³ untuk menampung debit Q air baku.

Tabel 4.25 Perhitungan *Routing* Boezem Wonorejo dengan *outflow* 0.1 m³/dtk atau 100 ltr/detik

Bln	Elv MA pada S (m)	inflow (I) (m ³ /bln)	Air baku (Q) (m ³ /bln)	TA=TE-TM-TJ	Outflow Outlet (O) (m ³ /bln)	S tambahan (m ³)
	0	0	0	0		
Feb	2	910456.73	259200.00	160000	750456.73	99200
Mar	2	1848808.72	259200.00	160000	1749608.72	
Apr	2	427172.20	259200.00	160000	327972.20	
Mei	2	220895.43	259200.00	160000	121695.43	
Jun	2	123830.30	259200.00	160000	24630.30	
Jul	2	56825.35	259200.00	0	0	
Agu	2	28772.57	259200.00	0	0	
Sep	2	14098.56	259200.00	0	0	
Okt	2	6908.29	259200.00	0	0	
Nov	2	3497.90	259200.00	0	0	
Des	2	6600.68	259200.00	0	0	
Jan	2	10265.32	259200.00	0	0	

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.10 Hubungan *Inflow*, Q Air baku, *Outflow* outlet, dan *Storage* dengan kebutuhan air 0.1 m³/dtk atau 100 lt/dtk

Tabel 4.25 menunjukkan besar *inflow* per bulan, besar Q air baku sepanjang Tahun dengan nilai konstan yaitu 259200 m³/bln atau 100 lt/dtk, dan volume *storage* aktif eksisting 160000 m³. Selisih antara besar Q air baku dengan tampungan eksisting atau air yang tidak tertampung adalah sebesar 99200 m³/bln.

Sehingga dibutuhkan tampungan tambahan sebesar 99200 m³ untuk menampung debit Q air baku.

Sesuai dengan hasil perhitungan yang ditunjukkan oleh tabel 4.23-4.25 diatas, dapat disimpulkan besar kebutuhan tampungan tambahan jika diasumsikan ketinggian tampungan aktif adalah 2 m ditunjukkan oleh tabel 4.26 berikut:

Tabel 4.26 Kebutuhan tampungan disesuaikan dengan target pemenuhan air 80 lt/dtk, 90 lt/dtk, 100 lt/dtk

no	Target pemenuhan air (lt/dtl)	Tampungan aktif saat ini (m ³)	Tampungan tambahan (m ³)
1	80	160000	53536.12
2	90	160000	81056
3	100	160000	99200

Sumber: Hasil perhitungan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah yang telah diuraikan pada Bab I, antara lain:

1. Potensi air yang dimiliki oleh Catchment Wonorejo untuk pemenuhan air baku menggunakan debit andalan metode rangking Tahun 2004-2014 dengan debit sebesar 0.214 m³/dtk pada bulan Januari, 0.809 m³/dtk pada bulan Februari, 2.086 m³/dtk pada bulan Maret, 1.548 m³/dtk pada bulan April, 0.581 m³/dtk pada bulan Mei, 0.294 m³/dtk pada bulan Juni, 0.140 m³/dtk pada bulan Juli, 0.068 m³/dtk pada bulan Agustus, 0.035 m³/dtk pada bulan September, 0.016 m³/dtk pada bulan Oktober, 0.008 m³/dtk pada bulan November, 1.087 m³/dtk pada bulan Desember.

Potensi Boezem saat ini yang memiliki volume aktif sebesar 160000 m³, dapat memenuhi kebutuhan air baku saat ini (2016) sebesar 0.051 m³/dtk, 2 Tahun mendatang (2018) sebesar 0.056 m³/dtk, 5 Tahun mendatang (2021) sebesar 0.064 m³/dtk, dan 10 Tahun mendatang (2026) sebesar 0.080 m³/dtk atau 80 liter/dtk untuk kelurahan Wonorejo.

2. Volume Boezem Wonorejo eksisting tidak mampu menampung debit yang mengalir dari DAS Wonorejo secara maksimal, sehingga untuk menampung air perlu dilakukan penambahan volume Boezem. Untuk pemenuhan kebutuhan air baku pada 10 Tahun mendatang sebesar 80 liter/dtk, 90 liter/dtk, dan 100 liter/dtk, maka volume tampungan Boezem yang diperlukan berturut-turut sebesar 53536.12 m³, 81056 m³, dan 99200 m³.

5.2 Saran

Untuk memanfaatkan air pada Boezem Wonorejo perlu dilakukan penelitian tentang kualitas air dan banjir mengingat fungsi utama dari Boezem Wonorejo adalah untuk tampungan drainase.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Mahmud, (2011), Buku Ajar Hidrologi Teknik, Makassar, Universitas Hasanuddin.
- Andiek, Mahendra, (2008), *Pemodelan Hujan-Debit Daerah Aliran Sungai Deluwang Kabupaten Situbondo dengan Storm Water Management Model (SWMM)*, Tesis Magister., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hadisusanto, Nugroho, (2010), *Aplikasi Hidrologi*, Malang, Jogja Media Utama.
<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/agrium/article/view/197/177>
- Julia, Hilda, (2014), *Optimasi Model Hidrologi Mock Daerah Tangkapan Air Waduk Sempor*, Agrium, April 2014, Vol.18, No.03.
- Kodoeatie, Robert J dan Sjarief, Roestam, (2005), *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Yogyakarta, Andi.
- Mulya, Happy, (2013), *Analisis Ketersediaan Air Pulau-pulau Kecil di Daerah CAT dan Non-CAT dengan Perhitungan Metode Mock yang Dimodifikasi*, TECNO SIPIL, Vol.11, No.58.
<http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/viewFile/4301/3830>
- Putri, Rianti Dwi, dkk, (2014), *Evaluasi Sistem Drainase Muara Boezem Utara Monokrembangan Surabaya*, Universitas Brawijaya.
<http://pengairan.ub.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Evaluasi-Sistem-Draeinase-Daerah-Muara-Boezem-Utara-Morokrembangan-Surabaya-Rianti-Dwi-Putri-0910643028-.pdf>
- Sari, Indra Kusuma, dkk, (2007), *Analisa Ketersediaan Air pada DAS Sampean*, Universitas Brawijaya.
- Setiawan, M. Ikhsan, (2003), *Study Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Surabaya Tahun Proyeksi (2015)*, NEUTRON, Vol.3, No. 1, Februari 2003: 47-64. <http://ejournal.narotama.ac.id/files/3-1-04.pdf>

User's Manual Epa SWMM. <http://www2.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

Wilson, E.M, (1989), *Hidrologi Teknik*, Bandung, Penerbit ITB.

www.pdam-sby.go.id

LAMPIRAN A

LAMPIRAN A-1

DATA KLIMATOLOGI TAHUN 1999-2014 STASIUN KLIMATOLOGI JUANDA 07°13'25.05" LS

No.	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
I.	Data													
1.	Suhu, T	(oC)	27.27	27.33	27.60	28.00	28.30	27.43	26.80	26.60	26.80	29.13	29.07	27.80
2.	Kelembaban Relatif, RH	(%)	84.67	79.33	82.33	82.00	80.00	79.00	76.67	72.00	68.67	66.33	73.67	81.33
3.	Lama Penyinaran, n/N	(%)	43.80	43.37	65.20	52.00	69.77	75.03	80.63	95.37	84.47	93.77	61.73	42.30
4.	Kecepatan angin, u	(km/hari)	375.59	333.36	288.91	286.69	273.36	311.14	288.91	302.25	308.91	317.80	288.91	324.47
		(m/detik)	4.35	3.86	3.34	3.32	3.16	3.60	3.34	3.50	3.58	3.68	3.34	3.76
		(km/jam)	8.45	7.50	6.50	6.45	6.15	7.00	6.50	6.80	6.95	7.15	6.50	7.30

LAMPIRAN A-2

PERHITUNGAN EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (Eto) RATA-RATA TAHUN 1999-2014 KOTA SURABAYA

No.	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
I.	Data													
1	Suhu, T	(oC)	27.27	27.33	27.60	28.00	28.30	27.43	26.80	26.60	26.80	29.13	29.07	27.80
2	ea		36.26	36.40	36.96	37.80	38.49	36.61	35.28	34.86	35.28	40.41	40.25	37.38
3	Kelembaban Relatif, RH	(%)	84.67	79.33	82.33	82.00	80.00	79.00	76.67	72.00	68.67	66.33	73.67	81.33
4	ed = ea x RH	mbar	30.70	28.88	30.43	31.00	30.79	28.92	27.05	25.10	24.23	26.80	29.65	30.40
5	ea-ed	mbar	5.56	7.52	6.53	6.80	7.70	7.69	8.23	9.76	11.05	13.60	10.60	6.98
6	U2	km/jam	8.45	7.50	6.50	6.45	6.15	7.00	6.50	6.80	6.95	7.15	6.50	7.30
7	$f(U) = 0.27 (1 + U/100)$		0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
8	1-W		0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23
9	Ra	mm/hari	15.98	16.06	15.54	14.52	13.22	12.56	80.77	13.82	14.94	15.76	15.92	15.88
10	Lama Penyinaran, n/N	(%)	43.80	43.37	65.20	52.00	69.77	75.03	80.63	95.37	84.47	93.77	61.73	42.30
11	$R_s = (0.25 + 0.5 n/N) R_a$		7.50	7.50	8.95	7.40	7.91	7.85	52.75	10.04	10.04	11.33	8.90	7.33
12	(1-a)		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
13	$R_{ns} = (1-a) R_s$		5.62	5.62	6.71	5.55	5.94	5.89	39.57	7.53	7.53	8.50	6.67	5.50
14	f(T)		15.89	15.91	16.07	16.04	16.04	15.97	15.80	15.81	16.20	16.06	16.04	16.23
15	$f(ed) = 0.34 - 0.044 ed^{0.5}$		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10
16	$f(n/N) = 0.1 + 0.9 n/N$		0.49	0.49	0.69	0.57	0.73	0.78	0.83	0.96	0.86	0.94	0.66	0.48
17	$R_{n1} = f(T) \times f(ed) \times f(n/N)$	mm/hari	0.76	0.81	1.07	0.87	1.12	1.28	1.45	1.81	1.72	1.70	1.06	0.76
18	$R_n = R_{ns} - R_{n1}$	mm/hari	4.87	4.82	5.64	4.69	4.82	4.61	38.12	5.72	5.81	6.80	5.62	4.74
19	W		0.7669	0.7674	0.7705	0.7723	0.7727	0.7688	0.7651	0.7654	0.7736	0.7770	0.7726	0.7743
20	U siang/ U malam		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	c		1.10	1.10	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	1.10	1.00	1.10	1.10
22	Eto	mm/hari	7.10	9.43	8.59	6.77	7.84	7.54	62.63	12.98	16.59	21.66	15.31	8.66
23	Ep	mm/bln	220.15	264.17	266.26	203.14	243.09	226.25	1941.42	402.46	497.74	671.51	459.26	268.44

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN SIMULASI RAINFALL-RUNOFF MENGGUNAKAN METODE FJ. MOCK TAHUN 2004-2014

Parameter terpakai:

m = 20%-50% utk lahan pertanian yang diolah
= 65%

kapasitas kelembaban tanah SMC	= 50	mm
Luas DAS	= 47.3	km ²
Kkoefisien infiltrasi In	= 0.5	
Factor resesi aliran tanah k	= 0.49	
Penyimpanan awal IS	= 60	mm
	= 65	
Factor aliran hujan lebat PF	%	
Vn-1	= 60	

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FJ. MOCK CATCHMENT WONOREJO							TAHUN 2004								
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I	Data Hujan														
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	363.22	290.11	546.67	177.54	146.74	16.58	2.66	0	0	0	81.97	213.2
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	19	20	21	8	8	8	0	0	0	0	4	13
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensian (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385
4	Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
5	(m/20). (18-h)	hitungan	-	-0.0325	-0.065	-0.0975	0.325	0.325	0.585	0.585	0.585	0.585	0.585	0.455	0.1625
6	E=(Eto). (m/20). (18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-7.15499	-17.1713	-25.9603	66.02175	79.003	132.3568	1135.73	235.4371	291.179	392.8363	208.963	43.62126
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	227.3085	281.3458	292.2202	137.1221	164.0832	93.89411	805.6888	167.0195	206.5629	278.6787	250.2964	224.8173
III	Keseimbangan Air														
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	135.9115	0	254.4498	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	236.093	188.5715	355.3355	115.401	95.381	10.777	1.729	0	0	0	53.2805	138.58
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	-100.181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	-50.1815	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
12	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	135.9115	0	254.4498	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah														
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	67.95577	0	127.2249	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0.5x(1+k)x(13)	hitungan	-	50.62705	0	94.78254	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	39.21326	19.2145	55.85855	27.37069	13.41164	6.571702	3.220134	1.577866	0.773154	0.378846	0.185634
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	80.02705	39.21326	113.997	55.85855	27.37069	13.41164	6.571702	3.220134	1.577866	0.773154	0.378846	0.185634
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	80.02705	-40.8138	74.78378	-58.1385	-28.4879	-13.9591	-6.83993	-3.35157	-1.64227	-0.80471	-0.39431	-0.19321
18	Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	-12.0713	40.8138	52.44111	58.13849	28.48786	13.95905	6.839935	3.351568	1.642268	0.804711	0.394309	0.193211
19	Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	67.95577	0	127.2249	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	55.8845	40.8138	179.666	58.13849	28.48786	13.95905	6.839935	3.351568	1.642268	0.804711	0.394309	0.193211
V	Debit Aliran Sungai														
21	Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	736.5678	595.5689	2368.03	791.8183	375.4751	190.1156	90.15158	44.17427	22.36691	10.60624	5.370294	2.546559
23	Debit Aliran Sungai	(1/1ml hari x	m3/dtk	0.736568	0.595569	2.36803	0.791818	0.375475	0.190116	0.090152	0.044174	0.022367	0.010606	0.00537	0.002547

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FJ. MOCK CATCHMENT WONOREJO							TAHUN 2005								
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I	Data Hujan														
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	350.01	412.28	477.16	181.8	124.04	107.542	174.69	3.26	17.24	107.53	110.23	476.64
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	17	15	19	11	4	9	6	1	1	6	4	20
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)														
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385
4	Pernakaaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
5	(m/20). (18-h)	hitungan	-	0.0325	0.0975	-0.0325	0.2275	0.455	0.2925	0.39	0.5525	0.5525	0.39	0.455	-0.065
6	E=(Eto). (m/20). (18-h)	(3) x (5)	mm/bln	7.154988	25.75701	-8.65345	46.21523	110.6042	66.17838	757.1533	222.3572	275.0024	261.8908	208.963	-17.4485
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	212.9985	238.4174	274.9133	156.9286	132.482	160.0725	1184.265	180.0993	222.7395	409.6241	250.2964	285.887
III	Keseimbangan Air														
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	137.0115	173.8626	202.2467	24.87137	-8.44196	-52.5305	0	0	0	0	0	190.753
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	227.5065	267.982	310.154	118.17	80.626	69.9023	113.5485	2.119	11.206	69.8945	71.6495	309.816
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
12	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	137.0115	173.8626	202.2467	24.87137	-8.44196	-52.5305	0	0	0	0	0	190.753
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah														
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	68.50576	86.93129	101.1233	12.43569	-4.22098	0	0	0	0	0	0	95.37649
14	0.5x(1+k)x(13)	hitungan	-	51.03679	64.76381	75.33688	9.264586	-3.14463	0	0	0	0	0	0	71.05549
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	39.41403	51.04714	61.92817	34.88445	15.55251	7.620731	3.734158	1.829737	0.896571	0.43932	0.215267
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	80.43679	104.1778	126.384	71.19276	31.73982	15.55251	7.620731	3.734158	1.829737	0.896571	0.43932	71.27075
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	80.43679	23.74105	22.20618	-55.1913	-39.4529	-16.1873	-7.93178	-3.88657	-1.90442	-0.93317	-0.45725	70.83143
18	Aliran dasar (BF)	(13) - (17)	mm/bln	-11.931	63.19024	78.91715	67.62695	35.23196	16.18731	7.931781	3.886573	1.904421	0.933166	0.457251	24.54506
19	Aliran langsung (DR)	(12) - (13)	mm/bln	68.50576	86.93129	101.1233	12.43569	-4.22098	0	0	0	0	0	0	95.37649
20	Aliran (R)	(18) - (19)	mm/bln	56.57473	150.1215	180.0405	80.06264	31.01097	16.18731	7.931781	3.886573	1.904421	0.933166	0.457251	119.9216
V	Debit Aliran Sungai														
21	Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	745.6652	2190.625	2372.966	1090.415	408.7302	220.4634	104.5423	51.22573	25.93729	12.2993	6.227544	1580.588
23	Debit Aliran Sungai	(1/jml hari x	m3/dtk	0.745665	2.190625	2.372966	1.090415	0.40873	0.220463	0.104542	0.051226	0.025937	0.012299	0.006228	1.580588

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE F.I. MOCK CATCHMENT WONOREJO							TAHUN 2006									
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
I	Data Hujan															
	1 Curah Hujan (P)	data	mm/bln	387.35	484.45	392.95	251.94	154.53	11.85	0	0	0	0	0	10.67	
	2 Hari Hujan (h)	data	mm/bln	19	21	20	9	10	2	0	0	0	0	0	2	
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)															
	3 Evapotranspirasi Potensial (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385	
	4 Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	
	5 (m/20). (18-h)	hitungan	-	-0.0325	-0.0975	-0.065	0.2925	0.26	0.52	0.585	0.585	0.585	0.585	0.52	0.13	
	6 E=(Eto). (m/20). (18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-7.15499	-25.757	-17.3069	59.41958	63.2024	117.6505	1135.73	235.4371	291.179	392.8363	238.8149	34.89701	
	7 Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	227.3085	289.9314	283.5668	143.7243	179.8838	108.6004	805.6888	167.0195	206.5629	278.6787	220.4445	233.5415	
	III	Keseimbangan Air														
8 Ds=P-Et		(1) - (7)	mm/bln	160.0415	194.5186	109.3832	108.2157	-25.3538	0	0	0	0	0	0	0	
9 Aliran permukaan (hujan lebat)		PF x (1)	mm/bln	251.7775	314.8925	255.4175	163.761	100.4445	7.7025	0	0	0	0	6.9355	107.1135	
10 Kandungan Air tanah		(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11 Kapasitas kelembaban tanah (SMC)		SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
12 Kelebihan air (WS)		[8]	mm/bln	160.0415	194.5186	109.3832	108.2157	-25.3538	0	0	0	0	0	0	0	
IV		Aliran dan Simpanan Air Tanah														
		13 Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	80.02077	97.25928	54.6916	54.10786	-12.6769	0	0	0	0	0	0	0
		14 0.5x(1+K)x(13)	hitungan	-	59.61548	72.45816	40.74525	40.31036	-9.44428	0	0	0	0	0	0	0
		15 k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	43.61758	56.87712	47.83496	43.1912	16.53599	8.102637	3.970292	1.945443	0.953267	0.467101	0.228879
16 Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	89.01548	116.0757	97.62236	88.14531	33.74693	16.53599	8.102637	3.970292	1.945443	0.953267	0.467101	0.228879		
17 Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	89.01548	27.06027	-18.4534	-9.47705	-54.3984	-17.2109	-8.43336	-4.13234	-2.02485	-0.99218	-0.48617	-0.23822		
18 Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	0	70.19901	73.14499	63.58491	41.72151	17.21093	8.433357	4.132345	2.024849	0.992176	0.486166	0.238221		
19 Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	80.02077	97.25928	54.6916	54.10786	-12.6769	0	0	0	0	0	0	0	0	
20 Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	80.02077	167.4583	127.8366	117.6928	29.04462	17.21093	8.433357	4.132345	2.024849	0.992176	0.486166	0.238221		
V	Debit Aliran Sungai															
	21 Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	22 Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	1054.688	2443.609	1684.909	1602.919	382.8134	234.4046	111.1532	54.46505	27.57747	13.07706	6.621351	3.139802	
23 Debit Aliran Sungai	(1/jml hari x	m3/dtk	1.054688	2.443609	1.684909	1.602919	0.382813	0.234405	0.111153	0.054465	0.027577	0.013077	0.006621	0.00314		

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FJ. MOCK CATCHMENT WONOREJO																TAHUN 2007											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec												
I	Data Hujan																										
	1)Curah Hujan (P)	data	mm/bln	249.64	386.71	355.71	226.92	94.74	16.69	4.96	0	0	0	30.57	392.96												
	2) Hari Hujan (h)	data	mm/bln	8	17	13	16	3	2	0	0	0	0	5	18												
	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																										
	3)Evapotranspirasi Potensian (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385												
II	4)Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35												
	5)(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.325	0.0325	0.1625	0.065	0.4875	0.52	0.585	0.585	0.585	0.585	0.4225	0												
	6)E=(Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	71.54988	8.585669	43.26723	13.20435	118.5045	117.6505	1135.73	235.4371	291.179	392.8363	194.0371	0												
	7)Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	148.6036	255.5888	222.9927	189.9395	124.5817	108.6004	805.6888	167.0195	206.5629	278.6787	265.2223	268.4385												
	Keseimbangan Air																										
	8)Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	101.0364	131.1212	132.7173	36.98049	0	0	0	0	0	0	0	124.5215												
	9)Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	162.266	251.3615	231.2115	147.498	61.581	10.8485	3.224	0	0	0	19.8705	255.424												
III	10)Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	-3.224	0	0	0	0	0												
	11)Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	46.776	50	50	50	50	50												
	12)Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	101.0364	131.1212	132.7173	36.98049	0	0	0	0	0	0	0	124.5215												
	Aliran dan Simpanan Air Tanah																										
	13)Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	50.51821	65.56062	66.35867	18.49025	0	0	0	0	0	0	0	62.26074												
	14)0.5x(1+k)x(13)	hitungan	-	37.63606	48.84266	49.43721	13.77523	0	0	0	0	0	0	0	46.38425												
	15)k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	32.84767	40.02826	43.83808	28.23052	13.83296	6.778149	3.321293	1.627434	0.797442	0.390747	0.191466												
	16)Volume penyimpanan (Vn)	(14+ 15)	mm/bln	67.03606	81.69033	89.46547	57.61331	28.23052	13.83296	6.778149	3.321293	1.627434	0.797442	0.390747	46.57572												
IV	17)Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	67.03606	14.65427	7.775138	-31.8522	-29.3828	-14.3976	-7.05481	-3.45686	-1.69386	-0.82999	-0.4067	46.18497												
	18)Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	0	50.90635	58.58353	50.3424	29.38279	14.39757	7.054808	3.456856	1.693859	0.829991	0.406696	16.07577												
	19)Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	50.51821	65.56062	66.35867	18.49025	0	0	0	0	0	0	0	62.26074												
	20)Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	50.51821	116.467	124.9422	68.83265	29.38279	14.39757	7.054808	3.456856	1.693859	0.829991	0.406696	78.33651												
	Debit Aliran Sungai																										
	21)Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31												
	22)Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	665.8391	1699.526	1646.761	937.4677	387.2705	196.088	92.98364	45.56199	23.06955	10.93943	5.538999	1032.489												
	23)Debit Aliran Sungai	(1/jml hari x	m3/dtk	0.665839	1.699526	1.646761	0.937468	0.38727	0.196088	0.092984	0.045562	0.02307	0.010939	0.005539	1.032489												

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE F.I. MOCK CATCHMENT WONOREJO															TAHUN 2008											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec											
I	Data Hujan																									
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	232.16	128.19	296.31	107.19	54.3	0.93	0	0	0	66.41	256.35	427.64											
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	13	14	14	14	5	4	0	0	0	3	16	13											
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																									
3	Evapotranspirasi Potensian (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385											
4	Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35											
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.1625	0.13	0.13	0.4225	0.455	0.585	0.585	0.585	0.585	0.4875	0.065	0.1625											
6	E=(Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	35.77494	34.34268	34.61379	85.82828	110.6042	132.3568	1135.73	235.4371	291.179	327.3635	29.85186	43.62126											
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	184.3785	229.8318	231.6461	117.3156	132.482	93.89411	805.6888	167.0195	206.5629	344.1514	429.4075	224.8173											
III	Keseimbangan Air																									
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	47.78148	0	64.66389	-10.1256	0	0	0	0	0	0	0	202.8227											
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	150.904	83.3235	192.6015	69.6735	35.295	0.6045	0	0	0	43.1665	166.6275	277.966											
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50											
12	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	47.78148	0	64.66389	-10.1256	0	0	0	0	0	0	0	202.8227											
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah																									
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	23.89074	0	32.33194	-5.06279	0	0	0	0	0	0	0	101.4114											
14	0.5x(1+k)(13)	hitungan	-	17.7986	0	24.0873	-3.77178	0	0	0	0	0	0	0	75.55147											
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	23.12731	11.33238	17.35564	6.656095	3.261486	1.598128	0.783083	0.383711	0.188018	0.092129	0.045143											
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	47.1986	23.12731	35.41968	13.58387	6.656095	3.261486	1.598128	0.783083	0.383711	0.188018	0.092129	75.59662											
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	47.1986	-24.0713	12.29237	-21.8358	-6.92777	-3.39461	-1.66336	-0.81505	-0.39937	-0.19569	-0.09589	75.50449											
18	Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	0	24.07129	20.03958	16.77303	6.927772	3.394608	1.663358	0.815045	0.399372	0.195692	0.095889	25.90689											
19	Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	23.89074	0	32.33194	-5.06279	0	0	0	0	0	0	0	101.4114											
20	Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	23.89074	24.07129	52.37152	11.71024	6.927772	3.394608	1.663358	0.815045	0.399372	0.195692	0.095889	127.3183											
V	Debit Aliran Sungai																									
21	Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31											
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	314.8842	351.2565	690.2661	159.4878	91.30929	46.23294	21.92336	10.74245	5.439259	2.579261	1.305966	1678.078											
23	Debit Aliran Sungai	(1/jml hari x	m3/dtk	0.314884	0.351256	0.690266	0.159488	0.091309	0.046233	0.021923	0.010742	0.005439	0.002579	0.001306	1.678078											

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FJ. MOCK CATCHMENT WONOREJO												TAHUN 2009											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec								
I	Data Hujan																						
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bin	344.73	476.73	308.36	134.94	301.13	53.85	0	0	0	0	0	68.2	314.38							
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bin	17	19	11	11	16	6	0	0	0	0	0	5	13							
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																						
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto*)	Eto*	mm/bin	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385								
4	Pernukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35							
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.0325	-0.0325	0.2275	0.2275	0.0655	0.39	0.585	0.585	0.585	0.585	0.4225	0.1625								
6	E=(Eto). (m/20). (18-h)	(3) x (5)	mm/bin	7.154988	-8.58567	60.57413	46.21523	15.8006	88.23784	1135.73	235.4371	291.179	392.8363	194.0371	43.62126								
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bin	212.9985	272.7601	205.6858	156.9286	227.2856	138.013	805.6888	167.0195	206.5629	278.6787	265.2223	224.8173								
III	Keseimbangan Air																						
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bin	131.7315	203.4699	102.6742	-21.9886	73.84443	0	0	0	0	0	0	0	89.56275							
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bin	224.0745	309.5495	200.434	87.711	195.7345	35.0025	0	0	0	0	0	44.33	204.347							
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bin	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50							
12	kelebihan air (WS)	[8]	mm/bin	131.7315	203.4699	102.6742	-21.9886	73.84443	0	0	0	0	0	0	0	89.56275							
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah																						
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bin	65.86576	101.735	51.33711	-10.9943	36.92222	0	0	0	0	0	0	0	44.78137							
14	0.5x(1+K)x(13)	hitungan	-	49.06999	75.79254	38.24615	-8.19076	27.50705	0	0	0	0	0	0	0	33.36212							
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	38.4503	55.97899	46.17032	18.60998	22.59735	11.0727	5.425623	2.658555	1.302692	0.638319	0.312776								
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bin	78.46999	114.2428	94.22514	37.97955	46.11703	22.59735	11.0727	5.425623	2.658555	1.302692	0.638319	0.312776								
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bin	78.46999	35.77284	-20.0177	-56.2456	8.137479	-23.5197	-11.5246	-5.64708	-2.76707	-1.35586	-0.66437	33.03658								
18	Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bin	0	65.96211	71.35481	45.25127	28.78474	23.51969	11.52465	5.647077	2.767068	1.355863	0.664373	11.74479								
19	Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bin	65.86576	101.735	51.33711	-10.9943	36.92222	0	0	0	0	0	0	0	44.78137							
20	Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bin	65.86576	167.6971	122.6919	34.25696	65.70695	23.51969	11.52465	5.647077	2.767068	1.355863	0.664373	56.52617								
V	Debit Aliran Sungai																						
21	Jumlah hari			31	28	31	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31							
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	868.1226	2447.093	1617.102	466.5633	866.0295	320.3268	151.8969	74.42949	37.68613	17.87052	9.048441	745.0251								
23	Debit Aliran Sungai	(1)/jml hari x	m3/dtk	0.868123	2.447093	1.617102	0.466563	0.86603	0.320327	0.151897	0.074429	0.037686	0.017871	0.009048	0.745025								

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE F.J. MOCK CATCHMENT WONOREJO																TAHUN 2010											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec												
I	Data Hujan																										
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	431.38	593.45	359.99	448.18	311.8	95.46	46.02	6.51	107	185.5	181.23	321.98												
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	18	17	18	23	21	9	6	1	12	9	15	18												
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																										
3	Evapotranspirasi Potensian (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	194.1419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385												
4	Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35												
5	(m/20). (18-h)	hitungan	-	0	0.0325	0	-0.1625	-0.0975	0.2925	0.39	0.5525	0.195	0.2925	0.0975	0												
6	E=(Eto). (m/20). (18-h)	(3) x (5)	mm/bln	0	8.585669	0	-33.0109	-23.7009	66.17838	757.1533	222.3572	97.05966	196.4181	44.77779	0												
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	220.1535	255.5888	266.2599	236.1547	266.7871	160.0725	1184.265	180.0993	400.6822	475.0968	414.4816	268.4385												
III	Keseimbangan Air																										
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	211.2265	337.8612	93.7301	212.0253	45.01293	0	0	0	0	0	0	53.54149												
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	280.397	385.7425	233.9935	291.317	202.67	62.049	29.913	4.2315	69.55	120.575	117.7995	209.287												
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50												
12	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	211.2265	337.8612	93.7301	212.0253	45.01293	0	0	0	0	0	0	53.54149												
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah																										
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	105.6133	168.9306	46.86505	106.0126	22.50647	0	0	0	0	0	0	26.77074												
14	0.5x(1+k)x(13)	hitungan	-	78.68189	125.8533	34.91446	78.97941	16.76732	0	0	0	0	0	0	19.9442												
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	52.96012	87.61858	60.04119	68.1201	41.59483	20.38147	9.986919	4.89359	2.397859	1.174951	0.575726												
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	108.0819	178.8134	122.533	139.0206	84.88741	41.59483	20.38147	9.986919	4.89359	2.397859	1.174951	20.51993												
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	108.0819	70.73155	-56.2804	16.48756	-54.1332	-43.2926	-21.2134	-10.3945	-5.09333	-2.49573	-1.22291	19.34498												
18	Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	0	98.19907	103.1454	89.52508	76.63966	43.29258	21.21336	10.39455	5.093329	2.495731	1.222908	7.425765												
19	Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	105.6133	168.9306	46.86505	106.0126	22.50647	0	0	0	0	0	0	26.77074												
20	Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	105.6133	267.1297	150.0105	195.5377	99.14612	43.29258	21.21336	10.39455	5.093329	2.495731	1.222908	34.19651												
V	Debit Aliran Sungai																										
21	Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31												
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	1392.002	3898.048	1977.165	2663.13	1306.764	589.6242	279.596	137.002	69.36869	32.89419	16.65542	450.7162												
23	Debit Aliran Sungai	m3/dtk		1.392002	3.898048	1.977165	2.66313	1.306764	0.589624	0.279596	0.137002	0.069369	0.032894	0.016655	0.450716												

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FI. MOCK CATCHMENT WONOREJO														TAHUN 2011											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec										
I	Data Hujan																								
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	242.2	324.98	336.84	315.21	186.57	7.56	0	0	0	24.7	212.71	638.68										
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	21	15	15	15	11	1	0	0	0	2	10	10										
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																								
3	Evapotranspirasi Potensian (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385										
4	Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35										
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	-0.0975	0.0975	0.0975	0.0975	0.2275	0.5525	0.585	0.585	0.585	0.52	0.26	0.26										
6	E=(Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	-21.465	25.75701	25.96034	19.80653	55.3021	125.0036	1135.73	235.4371	291.179	349.1878	119.4074	69.79401										
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	241.6184	238.4174	240.2996	183.3373	187.7841	101.2473	805.6888	167.0195	206.5629	322.3272	339.8519	198.6445										
III	Keseimbangan Air																								
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	0.581575	86.56258	96.54044	131.8727	0	0	0	0	0	0	0	440.0355										
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	157.43	211.237	218.946	204.8865	121.2705	4.914	0	0	0	16.055	138.2615	415.142										
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.8935										
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	74.8935										
12	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	0.581575	86.56258	96.54044	131.8727	0	0	0	0	0	0	0	440.0355										
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah																								
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	0.290787	43.28129	48.27022	65.93633	0	0	0	0	0	0	0	220.0178										
14	0.5x(1+k)x(13)	hitungan	-	0.216637	32.24456	35.96131	49.12257	0	0	0	0	0	0	0	163.9132										
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	14.51215	22.91079	28.84733	38.20525	18.72057	9.173081	4.49481	2.202457	1.079204	0.52881	0.259117										
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	29.61664	46.75671	58.8721	77.9699	38.20525	18.72057	9.173081	4.49481	2.202457	1.079204	0.52881	164.1723										
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	29.61664	17.14008	12.11539	19.0978	-39.7646	-19.4847	-9.54749	-4.67827	-2.29235	-1.12325	-0.55039	163.6435										
18	Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	0	26.14121	36.15483	46.83854	39.76465	19.48468	9.547492	4.678271	2.292353	1.123253	0.550394	56.37422										
19	Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	0.290787	43.28129	48.27022	65.93633	0	0	0	0	0	0	0	220.0178										
20	Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	0.290787	69.4225	84.42505	112.7749	39.76465	19.48468	9.547492	4.678271	2.292353	1.123253	0.550394	276.392										
V	Debit Aliran Sungai																								
21	Jumlah hari			31	28	31	30	31	31	30	31	31	30	31	31										
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	3.83263	1013.037	1112.737	1535.94	524.1053	265.372	125.8377	61.66046	31.22075	14.80468	7.496101	3642.896										
23	Debit Aliran Sungai	(1/jml hari x	m3/dtk	0.003833	1.013037	1.112737	1.53594	0.524105	0.265372	0.125838	0.06166	0.031221	0.014805	0.007496	3.642896										

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FJ. MOCK CATCHMENT WONOREJO															TAHUN 2012											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec											
I	Data Hujan																									
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	552.07	422.27	194.97	112.6	56.36	3.41	0	0	0	7.1	64.55	529.68											
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	17	16	8	7	4	0	0	0	0	0	3	18											
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																									
3	Evapotranspirasi Potensian (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	194.1419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385											
4	Pernukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35											
5	(m/20). (18-h)	hitungan	-	0.0325	0.065	0.325	0.3575	0.455	0.585	0.585	0.585	0.585	0.585	0.4875	0											
6	E=(Eto). (m/20). (18-h)	(3) x (5)	mm/bln	7.154988	17.17134	86.53447	72.62393	110.6042	132.3568	1135.73	235.4371	291.179	392.8363	223.8889	0											
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	212.9985	247.0031	179.7254	130.5199	132.482	93.89411	805.6888	167.0195	206.5629	278.6787	235.3704	268.4385											
III	Keseimbangan Air																									
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	339.0715	175.2669	15.24457	-17.9199	0	0	0	0	0	0	0	261.2415											
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	358.8455	274.4755	126.7305	73.19	36.634	2.2165	0	0	0	4.615	41.9575	344.292											
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50											
12	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	339.0715	175.2669	15.24457	-17.9199	0	0	0	0	0	0	0	261.2415											
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah																									
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	169.5358	87.63345	7.622284	-8.95996	0	0	0	0	0	0	0	130.6207											
14	0.5x(1+k)x(13)	hitungan	-	126.3041	65.28692	5.678602	-6.67517	0	0	0	0	0	0	0	97.31245											
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	76.29503	69.37516	36.77634	14.74957	7.227291	3.541372	1.735272	0.850284	0.416639	0.204153	0.100035											
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	155.7041	141.582	75.05376	30.10117	14.74957	7.227291	3.541372	1.735272	0.850284	0.416639	0.204153	97.41249											
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	155.7041	-14.1222	-66.5282	-44.9526	-15.3516	-7.52228	-3.68592	-1.8061	-0.88499	-0.43364	-0.21249	97.20834											
18	Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	13.83162	101.7556	74.15048	35.99263	15.3516	7.522282	3.685918	1.8061	0.884989	0.433645	0.212486	33.41241											
19	Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	169.5358	87.63345	7.622284	-8.95996	0	0	0	0	0	0	0	130.6207											
20	Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	183.3674	189.3891	81.77276	27.03266	15.3516	7.522282	3.685918	1.8061	0.884989	0.433645	0.212486	164.0332											
V	Debit Aliran Sungai																									
21	Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31											
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	2416.815	2763.631	1077.78	368.1719	202.3368	102.4499	48.58107	23.80472	12.05312	5.715514	2.893955	2161.987											
23	Debit Aliran Sungai	(1)/iml hari x	m3/dtk	2.416815	2.763631	1.07778	0.368172	0.202337	0.10245	0.048581	0.023805	0.012053	0.005716	0.002894	2.161987											

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FJ. MOCK CATCHMENT WONOREJO													TAHUN 2013											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec									
I	Data Hujan																							
	1 Curah Hujan (P)	data	mm/bln	524.34	342.01	397.01	322.96	300.96	224.55	77.6	0	0	0	127.7	426.485									
	2 Hari Hujan (h)	data	mm/bln	17	18	16	14	12	12	3	0	0	0	10	17									
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																							
	3 Evapotranspirasi Potensian (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	194.1419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385									
	4 Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35									
	5 (m/20).(18-h)	hitungan	-	0.0325	0	0.065	0.13	0.195	0.195	0.4875	0.585	0.585	0.585	0.26	0.0325									
	6 E=(Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	7.154988	0	17.30689	26.4087	47.4018	44.11892	946.4417	235.4371	291.179	392.8363	119.4074	8.724252									
	7 Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	212.9985	264.1744	248.953	176.7352	195.6844	182.132	994.9772	167.0195	206.5629	278.6787	339.8519	259.7143									
III	Keseimbangan Air																							
	8 Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	311.3415	77.83557	148.057	146.2248	105.2756	42.41805	0	0	0	0	0	166.7707									
	9 Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	340.821	222.3065	258.0565	209.924	195.624	145.9575	50.44	0	0	0	83.005	277.2153									
	10 Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
	11 Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50									
IV	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	311.3415	77.83557	148.057	146.2248	105.2756	42.41805	0	0	0	0	0	166.7707									
	Aliran dan Simpanan Air Tanah																							
	13 Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	155.6708	38.91778	74.0285	73.11242	52.63782	21.20902	0	0	0	0	0	83.38537									
	14 0.5x(1+k)x(13)	hitungan	-	115.9747	28.99375	55.15123	54.46875	39.21517	15.80072	0	0	0	0	0	62.1221									
	15 k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	71.23361	49.11141	51.08869	51.72315	44.55978	29.57665	14.49256	7.101353	3.479663	1.705035	0.835467									
	16 Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	145.3747	100.2274	104.2626	105.5574	90.93832	60.3605	29.57665	14.49256	7.101353	3.479663	1.705035	62.95757									
	17 Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	145.3747	-45.1474	4.035276	1.294809	-14.6191	-30.5778	-30.7839	-15.0841	-7.3912	-3.62169	-1.77463	61.25253									
	18 Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	10.29604	84.06514	69.99322	71.81761	67.25694	51.78685	30.78386	15.08409	7.391204	3.62169	1.774628	22.13284									
	19 Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	155.6708	38.91778	74.0285	73.11242	52.63782	21.20902	0	0	0	0	0	83.38537									
	20 Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	165.9668	122.9829	144.0217	144.93	119.8948	72.99587	30.78386	15.08409	7.391204	3.62169	1.774628	105.5182									
V	Debit Aliran Sungai																							
	21 Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31									
	22 Debit Aliran Sungai	A x (20) x	lt/dtk	2187.472	1794.609	1898.232	1973.878	1580.235	994.1687	405.7368	198.811	100.6646	47.73453	24.16958	1390.749									
	23 Debit Aliran Sungai	(1)/ml hari x	m3/dtk	2.187472	1.794609	1.898232	1.973878	1.580235	0.994169	0.405737	0.198811	0.100665	0.047735	0.02417	1.390749									

PERHITUNGAN DEBIT SIMULASI SUNGAI DENGAN METODE FJ. MOCK CATCHMENT WONOREJO													TAHUN 2014											
No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec									
I	Data Hujan																							
1	Curah Hujan (P)	data	mm/bln	209.715	301.62	502.67	321.49	95.77	162.175	21.24	5.76	0	0	52.64	416.79									
2	Hari Hujan (h)	data	mm/bln	12	16	20	21	3	7	3	0	0	0	4	20									
II	Evapotranspirasi Terbatas (Et)																							
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto*)	Eto*	mm/bln	220.1535	264.1744	266.2599	203.1439	243.0862	226.2509	1941.419	402.4565	497.7418	671.515	459.2594	268.4385									
4	Permukaan Lahan Terbuka	ditetapkan	%	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35									
5	(m/20).(18-h)	hitungan	-	0.195	0.065	-0.065	-0.0975	0.4875	0.3575	0.4875	0.585	0.585	0.585	0.455	-0.065									
6	E=(Eto).(m/20).(18-h)	(3) x (5)	mm/bln	42.92993	17.17134	-17.3069	-19.8065	118.5045	80.88469	946.4417	235.4371	291.179	392.8363	208.963	-17.4485									
7	Et=(Eto)-E	(3) - (6)	mm/bln	177.2235	247.0031	283.5668	222.9504	124.5817	145.3662	994.9772	167.0195	206.5629	278.6787	250.2964	285.887									
III	Keseimbangan Air																							
8	Ds=P-Et	(1) - (7)	mm/bln	32.49146	54.61691	219.1032	98.53962	0	0	0	0	0	0	0	130.903									
9	Aliran permukaan (hujan lebat)	PF x (1)	mm/bln	136.3148	196.053	326.7355	208.9685	62.2505	105.4138	13.806	3.744	0	0	34.216	270.9135									
10	Kandungan Air tanah	(8) - (9)	mm/bln	0	0	0	0	0	0	0	-3.744	0	0	0	0									
11	Kapasitas kelembaban tanah (SMC)	SMC + (10)	mm/bln	50	50	50	50	50	50	50	46.256	50	50	50	50									
12	Kelebihan air (WS)	[8]	mm/bln	32.49146	54.61691	219.1032	98.53962	0	0	0	0	0	0	0	130.903									
IV	Aliran dan Simpanan Air Tanah																							
13	Infiltrasi	(12) x (1)	mm/bln	16.24573	27.30845	109.5516	49.26981	0	0	0	0	0	0	0	65.45149									
14	0,5x(1+k)x(13)	hitungan	-	12.10307	20.3448	81.61595	36.70601	0	0	0	0	0	0	0	48.76136									
15	k x V(n-1)	hitungan	-	29.4	20.3365	19.93384	49.75939	42.36805	20.76034	10.17257	4.984558	2.442434	1.196792	0.586428	0.28735									
16	Volume penyimpanan (Vn)	(14 + 15)	mm/bln	41.50307	40.6813	101.5498	86.4654	42.36805	20.76034	10.17257	4.984558	2.442434	1.196792	0.586428	49.04871									
17	Perubahan volume (DVn)	(Vn - Vn-1)	mm/bln	41.50307	-0.82177	60.86848	-15.0844	-44.0974	-21.6077	-10.5878	-5.18801	-2.54212	-1.24564	-0.61036	48.46228									
18	Aliran dasar (BF)	(13)-(17)	mm/bln	0	28.13022	48.68312	64.35419	44.09735	21.6077	10.58777	5.18801	2.542125	1.245641	0.610364	16.98921									
19	Aliran langsung (DR)	(12)-(13)	mm/bln	16.24573	27.30845	109.5516	49.26981	0	0	0	0	0	0	0	65.45149									
20	Aliran (R)	(18)-(19)	mm/bln	16.24573	55.43868	158.2347	113.624	44.09735	21.6077	10.58777	5.18801	2.542125	1.245641	0.610364	82.4407									
V	Debit Aliran Sungai																							
21	Jumlah hari			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31									
22	Debit Aliran Sungai	A x (20) x (1/jml hari x 8,64)	lt/dtk	214.1217	808.9802	2085.562	1547.504	581.2111	294.2866	139.5488	68.3789	34.62252	16.41778	8.312867	1086.583									
23	Debit Aliran Sungai		m3/dtk	0.214122	0.80898	2.085562	1.547504	0.581211	0.294287	0.139549	0.068379	0.034623	0.016418	0.008313	1.086583									

LAMPIRAN C

Lampiran C-1

REPORT SIMULASI SOFTWARE SWMM

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date JAN-01-2014 00:00:00

Ending Date JAN-31-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000 m

	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm

Total Precipitation	990.983	209.550
---------------------------	---------	---------

Evaporation Loss	109.571	23.170
------------------------	---------	--------

Infiltration Loss	148.363	31.372
Surface Runoff	729.245	154.204
Final Storage	3.824	0.809
Continuity Error (%)	-0.002	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	729.227	7292.342
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	714.989	7149.968
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.476	4.764
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	1.888	18.881
Continuity Error (%)	1.628	

Time-Step Critical Elements		

Link C16 (31.26%)		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	8.62 sec
Average Time Step	:	48.27 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	25.75
Average Iterations per Step	:	1.74
Percent Not Converging	:	0.0

Analysis begun on: Tue Jan 17 23:39:15 2017		

Analysis ended on: Tue Jan 17 23:39:23 2017

Total elapsed time: 00:00:08

Lampiran C-2

REPORT SIMULASI SOFTWARE SWMM

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units	CMS
Process Models:	
Rainfall/Runoff	YES
RDII	NO
Snowmelt	NO
Groundwater	NO
Flow Routing	YES
Ponding Allowed	YES
Water Quality	NO
Infiltration Method	HORTON
Flow Routing Method	DYNWAVE
Starting Date	FEB-01-2014 00:00:00
Ending Date	FEB-28-2014 12:00:00
Antecedent Dry Days	0.0
Report Time Step	00:15:00
Wet Time Step	00:05:00
Dry Time Step	01:00:00
Routing Time Step	60.00 sec
Variable Time Step	YES
Maximum Trials	8
Number of Threads	1

```

Head Tolerance ..... 0.005000 m

*****
Volume      Depth
Runoff Quantity Continuity      hectare-m      mm
*****
-----      -----

Total Precipitation ..... 1380.771      291.973
Evaporation Loss ..... 119.333      25.234
Infiltration Loss ..... 189.783      40.131
Surface Runoff ..... 1055.088      223.106
Final Storage ..... 16.637      3.518
Continuity Error (%) ..... -0.005

*****
Volume      Volume
Flow Routing Continuity      hectare-m      10^6 ltr
*****
-----      -----

Dry Weather Inflow ..... 0.000      0.000
Wet Weather Inflow ..... 1054.990      10550.014
Groundwater Inflow ..... 0.000      0.000
RDII Inflow ..... 0.000      0.000
External Inflow ..... 0.000      0.000
External Outflow ..... 1037.062      10370.729
Flooding Loss ..... 0.000      0.000
Evaporation Loss ..... 0.508      5.081
Exfiltration Loss ..... 0.000      0.000
Initial Stored Volume .... 0.000      0.004
Final Stored Volume ..... 4.065      40.646
Continuity Error (%) ..... 1.266

*****

Time-Step Critical Elements
*****

Link C16 (52.91%)
*****

Highest Flow Instability Indexes
*****

All links are stable.
*****

Routing Time Step Summary
*****

Minimum Time Step      : 0.36 sec
Average Time Step      : 40.32 sec

```

Maximum Time Step : 60.00 sec
Percent in Steady State : 35.99
Average Iterations per Step : 1.64
Percent Not Converging : 0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:04:31 2017

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:04:37 2017

Total elapsed time: 00:00:06

Lampiran C-3

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date MAR-01-2014 00:00:00

Ending Date MAR-31-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000

Volume Depth

Runoff Quantity Continuity hectare-m mm

----- -----

Total Precipitation 2338.914 494.579

Evaporation Loss 127.790 27.022

Infiltration Loss	246.875	52.203
Surface Runoff	1937.652	409.730
Final Storage	26.690	5.644
Continuity Error (%)	-0.004	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	1937.525	19375.453
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	1883.519	18835.389
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.503	5.029
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	7.831	78.312
Continuity Error (%)	2.357	

Time-Step Critical Elements		

Link C16 (69.44%)		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	3.81 sec
Average Time Step	:	33.21 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	38.88
Average Iterations per Step	:	1.61
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:07:03 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:07:11 2017

Total elapsed time: 00:00:08

Lampiran C-4

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date APR-01-2014 00:00:00

Ending Date APR-30-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000 m

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----

Total Precipitation	1511.235	319.561
---------------------------	----------	---------

Evaporation Loss	147.129	31.111
------------------------	---------	--------

Infiltration Loss	258.518	54.665
Surface Runoff	1104.776	233.612
Final Storage	0.826	0.175
Continuity Error (%)	-0.001	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	1104.763	11047.741
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	1092.553	10925.648
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.544	5.444
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	0.414	4.144
Continuity Error (%)	1.018	

Time-Step Critical Elements		

Link C16 (47.80%)		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	18.36 sec
Average Time Step	:	42.98 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	41.32
Average Iterations per Step	:	1.59
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:08:45 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:08:52 2017

Total elapsed time: 00:00:07

Lampiran C-5

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date MAY-01-2014 00:00:00

Ending Date MAY-31-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000 m

	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm

Total Precipitation	452.528	95.690
---------------------------	---------	--------

Evaporation Loss	83.147	17.582
------------------------	--------	--------

Infiltration Loss	94.495	19.982
Surface Runoff	274.892	58.128
Final Storage	0.000	0.000
Continuity Error (%)	-0.001	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	274.891	2748.943
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	275.029	2750.321
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.509	5.092
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	0.123	1.227
Continuity Error (%)	-0.280	

Time-Step Critical Elements		

Link C16 (5.51%)		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	25.70 sec
Average Time Step	:	58.15 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	14.56
Average Iterations per Step	:	1.85
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:10:09 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:10:14 2017

Total elapsed time: 00:00:05

Lampiran C-6

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date JUN-01-2014 00:00:00

Ending Date JUN-30-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000 m

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----

Total Precipitation	753.011	159.229
---------------------------	---------	---------

Evaporation Loss	74.305	15.712
------------------------	--------	--------

Infiltration Loss	126.089	26.662
Surface Runoff	550.769	116.464
Final Storage	1.860	0.393
Continuity Error (%)	-0.002	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	550.752	5507.582
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	546.869	5468.749
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.372	3.721
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	0.101	1.012
Continuity Error (%)	0.619	

Time-Step Critical Elements		

Link C16 (28.44%)		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	20.98 sec
Average Time Step	:	49.51 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	39.83
Average Iterations per Step	:	1.60
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:11:43 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:11:47 2017

Total elapsed time: 00:00:04

Lampiran C-7

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date JUL-01-2014 00:00:00

Ending Date JUL-31-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000 m

Volume Depth

Runoff Quantity Continuity hectare-m mm

Total Precipitation 100.446 21.240

Evaporation Loss 33.164 7.013

Infiltration Loss	20.827	4.404
Surface Runoff	46.459	9.824
Final Storage	0.000	0.000
Continuity Error (%)	-0.003	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	46.459	464.597
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	45.941	459.411
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.238	2.380
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	0.081	0.810
Continuity Error (%)	0.430	

Time-Step Critical Elements		

None		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	59.50 sec
Average Time Step	:	60.00 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	15.29
Average Iterations per Step	:	1.85
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:13:03 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:13:07 2017

Total elapsed time: 00:00:04

Lampiran C-8

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units	CMS
Process Models:	
Rainfall/Runoff	YES
RDII	NO
Snowmelt	NO
Groundwater	NO
Flow Routing	YES
Ponding Allowed	YES
Water Quality	NO
Infiltration Method	HORTON
Flow Routing Method	DYNWAVE
Starting Date	AUG-01-2014 00:00:00
Ending Date	AUG-31-2014 12:00:00
Antecedent Dry Days	0.0
Report Time Step	00:15:00
Wet Time Step	00:05:00
Dry Time Step	01:00:00
Routing Time Step	60.00 sec
Variable Time Step	YES
Maximum Trials	8
Number of Threads	1
Head Tolerance	0.005000 m

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	27.240	5.760
Evaporation Loss	9.164	1.938

Infiltration Loss	5.981	1.265
Surface Runoff	12.095	2.558
Final Storage	0.000	0.000
Continuity Error (%)	-0.000	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	12.095	120.951
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	11.986	119.865
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.115	1.153
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	0.001	0.007
Continuity Error (%)	-0.058	

Time-Step Critical Elements		

None		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	59.50 sec
Average Time Step	:	60.00 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	4.46
Average Iterations per Step	:	1.96
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:14:38 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:14:43 2017

Total elapsed time: 00:00:05

Lampiran C-9

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date SEP-01-2014 00:00:00

Ending Date SEP-30-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000 m

Volume Depth

Runoff Quantity Continuity hectare-m mm

----- -----

Total Precipitation 0.000 0.000

Evaporation Loss 0.000 0.000

Infiltration Loss	0.000	0.000
Surface Runoff	0.000	0.000
Final Storage	0.000	0.000
Continuity Error (%)	0.000	

*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----

Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.000	0.000
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.000	0.000
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	0.000	0.004
Continuity Error (%)	0.000	

Time-Step Critical Elements

None

Highest Flow Instability Indexes

All links are stable.

Routing Time Step Summary

Minimum Time Step	:	59.50 sec
Average Time Step	:	60.00 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	100.00
Average Iterations per Step	:	1.00
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:23:38 2017

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:23:39 2017

Total elapsed time: 00:00:01

Lampiran C-10

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units	CMS
Process Models:	
Rainfall/Runoff	YES
RDII	NO
Snowmelt	NO
Groundwater	NO
Flow Routing	YES
Ponding Allowed	YES
Water Quality	NO
Infiltration Method	HORTON
Flow Routing Method	DYNWAVE
Starting Date	OCT-01-2014 00:00:00
Ending Date	OCT-31-2014 12:00:00
Antecedent Dry Days	0.0
Report Time Step	00:15:00
Wet Time Step	00:05:00
Dry Time Step	01:00:00
Routing Time Step	60.00 sec
Variable Time Step	YES
Maximum Trials	8
Number of Threads	1
Head Tolerance	0.005000 m

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000

Infiltration Loss	0.000	0.000
Surface Runoff	0.000	0.000
Final Storage	0.000	0.000
Continuity Error (%)	0.000	

*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----

Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.000	0.000
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	0.000	0.000
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	0.000	0.004
Continuity Error (%)	0.000	

Time-Step Critical Elements

None

Highest Flow Instability Indexes

All links are stable.

Routing Time Step Summary

Minimum Time Step	:	59.50 sec
Average Time Step	:	60.00 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	100.00
Average Iterations per Step	:	1.00
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:24:53 2017

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:24:54 2017

Total elapsed time: 00:00:01

Lampiran C-11

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units CMS

Process Models:

Rainfall/Runoff YES

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed YES

Water Quality NO

Infiltration Method HORTON

Flow Routing Method DYNWAVE

Starting Date NOV-01-2014 00:00:00

Ending Date NOV-30-2014 12:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Wet Time Step 00:05:00

Dry Time Step 01:00:00

Routing Time Step 60.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.005000 m

	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm

Total Precipitation	244.203	51.638
---------------------------	---------	--------

Evaporation Loss	56.415	11.929
------------------------	--------	--------

Infiltration Loss	51.164	10.819
Surface Runoff	127.485	26.957
Final Storage	9.167	1.938
Continuity Error (%)	-0.011	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	127.453	1274.545
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	123.216	1232.177
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.271	2.706
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	4.095	40.953
Continuity Error (%)	-0.101	

Time-Step Critical Elements		

Link C16 (4.13%)		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	26.44 sec
Average Time Step	:	58.63 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	55.93
Average Iterations per Step	:	1.44
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:26:05 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:26:09 2017

Total elapsed time: 00:00:04

Lampiran C-12

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.1 (Build 5.1.010)

NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.

Analysis Options

Flow Units	CMS
Process Models:	
Rainfall/Runoff	YES
RDII	NO
Snowmelt	NO
Groundwater	NO
Flow Routing	YES
Ponding Allowed	YES
Water Quality	NO
Infiltration Method	HORTON
Flow Routing Method	DYNWAVE
Starting Date	DEC-01-2014 00:00:00
Ending Date	DEC-31-2014 12:00:00
Antecedent Dry Days	0.0
Report Time Step	00:15:00
Wet Time Step	00:05:00
Dry Time Step	01:00:00
Routing Time Step	60.00 sec
Variable Time Step	YES
Maximum Trials	8
Number of Threads	1
Head Tolerance	0.005000 m

*****	Volume	Depth
Runoff Quantity Continuity	hectare-m	mm
*****	-----	-----
Total Precipitation	1955.954	413.600
Evaporation Loss	134.985	28.543

Infiltration Loss	250.938	53.063
Surface Runoff	1555.858	328.997
Final Storage	14.240	3.011
Continuity Error (%)	-0.003	
*****	Volume	Volume
Flow Routing Continuity	hectare-m	10^6 ltr
*****	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	1555.756	15557.722
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	1520.556	15205.722
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.515	5.154
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.004
Final Stored Volume	5.932	59.320
Continuity Error (%)	1.848	

Time-Step Critical Elements		

Link C16 (51.20%)		

Highest Flow Instability Indexes		

All links are stable.		

Routing Time Step Summary		

Minimum Time Step	:	15.14 sec
Average Time Step	:	40.16 sec
Maximum Time Step	:	60.00 sec
Percent in Steady State	:	32.49
Average Iterations per Step	:	1.68
Percent Not Converging	:	0.00

Analysis begun on: Wed Jan 18 15:27:14 2017		

Analysis ended on: Wed Jan 18 15:27:21 2017

Total elapsed time: 00:00:07



BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Pasuruan pada tanggal 22 September 1991. Anak ke empat dari enam bersaudara ini, terlahir dengan Nama Afrikhatul Maulidiyah. Penulis bertempat tinggal di Dusun Krajan Desa Purwodadi Kec. Purwodadi Kab. Pasuruan Jawa Timur. Pendidikan dasar yang pernah ditempuh penulis diantaranya, SDN Purwodadi I Tahun 1997-2003, MTs. Darut Taqwa 02 tahun 2003-2006, MA. Darut Taqwa Tahun 2006-2009, Jurusan Teknik Sipil di Universitas Yudharta Pasuruan Tahun 2009-2013, dan menempuh pendidikan Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil dengan Bidang keahlian Manajemen dan Rekayasa Sumber daya Air di Institut Sepuluh Nopember Surabaya Tahun 2014-2017.